

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних наук
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Апаратно-програмна реалізація ідентифікації обличчя в інформаційних системах CCTV

Виконав: студент II курсу, групи СТД-21

спеціальності

126 Інформаційні системи та технології

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Терлецький Т.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Приймак М.В.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Мацюк О.В.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Боднарчук І.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2022

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії

(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних наук

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Боднарчук І.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« » 2022 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня

Магістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю

126 Інформаційні системи та технології

(шифр і назва спеціальності)

Студенту

Терлецькому Тарасу Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Апаратно-програмна реалізація ідентифікації обличчя в інформаційних системах ССТV

Керівник роботи Приймак Микола Володимирович, д.т.н., професор кафедри КН

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «22» листопада 2022 року № 4/7-953

2. Термін подання студентом завершеної роботи

22 грудня 2022р.

3. Вихідні дані до роботи Наукові публікації про ідентифікацію обличчя суб'єкта на апаратному та програмному рівні інформаційної системи ССТV

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1 Аналіз предметної області. 2 Аналітична частина. 2.1 Визначення необхідних технічних параметрів відеокамери. 2.2 Вплив фокусної відстані на ймовірність розпізнавання суб'єкта. 2.3 Теоретичний базис програмної реалізації ідентифікації обличчя.

3 Обчислювальний експеримент. 3.1 Обчислення технічних параметрів відеокамери.

3.2 Результати обчислення впливу фокусної відстані на ймовірності розпізнавання.

3.3 Опис та реалізація алгоритму. 4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

Висновки. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1 Титульна сторінка. 2 Тема, Мета, Об'єкт, Предмет дослідження. 3 Завдання дослідження.

4 Розпізнавання та ідентифікація обличчя суб'єкта людиною. 5 Виділення групи структурних елементів людиною. 6 Шляхи апаратної реалізації ССТV. 7 Ідентифікація обличчя на

програмному рівні. 8 Визначення необхідних технічних параметрів відеокамери. 9 Метод

Віюли-Джонса. 10 Ознаки Хаара. 11 Метод локальних бінарних шаблонів. 12 Обчислення

технічних параметрів відеокамери. 13 Обчислення технічних параметрів відеокамери. 14

Вплив фокусної відстані на ймовірність розпізнавання. 15 Опис та реалізація алгоритму. 16

Опис та реалізація алгоритму. 17 Висновки. 18 Апробація результатів магістерської роботи.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Мацюк О.В., доцент		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	Клепчик В.М., ст. викладач		

7. Дата видачі завдання 14 листопада 2022 р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Ознайомлення з завданням до кваліфікаційної роботи	14.11.2022-15.11.2022	Виконано
2.	Підбір наукових джерел про ідентифікацію обличчя суб'єкта на апаратному та програмному рівні інформаційної системи CCTV	16.11.2022-20.11.2022	Виконано
3.	Переклад та опрацювання наукових джерел про ідентифікацію обличчя суб'єкта на апаратному та програмному рівні інформаційної системи CCTV	21.11.2022-23.11.2022	Виконано
4.	Виконання дослідження щодо шляхів реалізації ідентифікації обличчя в інформаційних системах CCTV	24.11.2022-27.11.2022	Виконано
5.	Оформлення розділу «Аналіз предметної області»	28.11.2022-30.11.2022	Виконано
6.	Оформлення розділу «Аналітична частина»	01.12.2022-04.12.2022	Виконано
7.	Оформлення розділу «Обчислювальний експеримент»	05.12.2022-07.12.2022	Виконано
8.	Виконання завдання до підрозділу «Охорона праці»	08.12.2022-09.12.2022	Виконано
9.	Виконання завдання до підрозділу «Безпека в надзвичайних ситуаціях»	10.12.2022-11.12.2022	Виконано
10.	Оформлення кваліфікаційної роботи	12.12.2022-13.12.2022	Виконано
11.	Нормоконтроль	14.12.2022-15.12.2022	Виконано
12.	Перевірка на плагіат	9.12.2022	Виконано
13.	Попередній захист кваліфікаційної роботи	10.12.2022	Виконано
14.	Захист кваліфікаційної роботи	23.12.2022	

Студент

(підпис)

Терлецький Т.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Приймак М.В.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Апаратно-програмна реалізація ідентифікації обличь в інформаційних системах CCTV // Кваліфікаційна робота освітнього рівня «Магістр» // Терлецький Тарас Володимирович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних наук, група СТД-21 // Тернопіль, 2022 // С.69, рис. – 16, табл. – 7, додат. – 1, бібліогр. – 27, слайдів – 18.

Ключові слова: інформаційна система, відеокамера, ідентифікація, кластерний підхід, метод, роздільна здатність, алгоритм.

Кваліфікаційна робота присвячена вирішенню питань апаратно-програмній реалізації ідентифікації обличь в інформаційній системі CCTV. В першому розділі кваліфікаційної роботи проаналізовано процеси розпізнавання та ідентифікація обличчя суб'єкта людиною, висвітлено існуючі шляхи та підходи до реалізації цієї системи на різних рівнях, подано результати аналізу основних методів розпізнавання, описані основні вимоги та правила розташування відеокамер. В другому розділі кваліфікаційної роботи подано аналітичні залежності визначення необхідних технічних параметрів відеокамери, описано вплив фокусної відстані на рівень ймовірності розпізнавання суб'єкта, пояснена процедури виявлення обличь із загальної сцени методом Віоли-Джонса та їх ідентифікація оператором LBP.

В третьому розділі кваліфікаційної роботи подано результати обчислення необхідних технічних параметрів відеокамери та впливу фокусної відстані на ймовірності розпізнавання суб'єкта, наведено опис та реалізацію алгоритмів виявлення обличчя в кадрі, створення бази даних обличь, навчання розпізнавача LBPН та ідентифікації обличчя суб'єкта. Об'єкт дослідження: апаратний та програмний рівень реалізації ідентифікації обличь в інформаційній системі CCTV. Предмет дослідження: оперативна задача ідентифікації суб'єкта за обличчям.

ANNOTATION

Hardware And Software Implementation of Face-Identification in CCTV Information Systems // Qualification work of the educational level "Master" // Terletskyi Taras Volodymyrovych // Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Faculty of Computer Information Systems and Software Engineering, Department of Computer Science, STd-21 group // Ternopil, 2022 // P. 69, fig. – 16, tab. – 7, annexes. – 1, references – 27.

Keywords: INFORMATION SYSTEM, VIDEO CAMERA, IDENTIFICATION, CLUSTER APPROACH, METHOD, RESOLUTION, ALGORITHM.

The qualification work is dedicated to the solution of hardware and software implementation of face identification in the CCTV information system. In the first section of the qualification work, the processes of recognition and identification of the subject's face by a person are analyzed, the existing ways and approaches to the implementation of this system at different levels are highlighted, the results of the analysis of the main recognition methods are presented, the main requirements and rules for the location of video cameras are described. The second section of the qualification work presents analytical dependencies for determining the necessary technical parameters of the video camera, explains the procedures for detecting faces from the general scene using the Viola-Jones method and their identification by the LBP operator.

The third section of the qualification paper presents the results of calculating the necessary technical parameters of the video camera and the effect of the focal length on the probability of subject recognition, describes and implements algorithms for face detection in the frame, creation of a face database, training of the LBPH recognizer and identification of the subject's face. The object of the study: the hardware and software level of the implementation of face identification in the CCTV

information system. The subject of the study: the operational task of identifying the subject by face.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

CCTV (англ. Closed Circuit Television) – замкнуте (закрите) прикладне телебачення.

SIFT (англ. Scale-Invariant feature transform) – масштабно-інвентарна трансформація ознак.

SURF (англ. Speeded-Up Robust Features) – прискорені стійкі ознаки.

FAR (англ. False Acceptance Rate) – рівень помилкових підтверджень.

FRR (англ. False Reject Rate) – рівень помилкових відмов.

PCA (англ. Principal Component Analysis) – аналіз головної компоненти.

LDA (англ. Linear Discriminant Analysis) – лінійний дискримінантний аналіз.

LBP (англ. Local Binary Patterns) – локальні бінарні шаблони.

ЗМІСТ

	ст.
ВСТУП	8
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ	11
1.1 Розпізнавання та ідентифікація обличчя суб'єкта людиною	11
1.2 Шляхи реалізації ідентифікації обличчя в інформаційних системах CCTV	14
1.3 Існуючі підходи реалізації ідентифікації обличчя в інформаційній системі CCTV на програмному рівні	16
1.3.1 Результати аналізу основних методів розпізнавання групи «кластерних» підходів	20
1.4 Вимоги та правила розташування відеокамер при вирішенні оперативної задачі ідентифікації суб'єкта	23
1.5 Висновок до першого розділу	25
2 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	27
2.1 Визначення необхідних технічних параметрів відеокамери	27
2.2 Вплив фокусної відстані на ймовірність розпізнавання суб'єкта	30
2.3 Теоретичний базис програмної реалізації ідентифікації обличчя	32
2.3.1 Виявлення обличчя із загальної сцени за методом Віюлі-Джонса	32
2.3.2 Ідентифікація обличчя оператором LBP	36
2.4 Висновок до другого розділу	39
3. ОБЧИСЛЮВАЛЬНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ	41
3.1 Обчислення технічних параметрів відеокамери	41
3.2 Результати обчислення впливу фокусної відстані на ймовірності розпізнавання	44
3.3 Опис та реалізація алгоритму	46
3.3.1 Алгоритм виявлення обличчя в кадрі	46
3.3.2 Алгоритм створення бази даних обличчя	50

	8
3.3.3 Навчання розпізнавача LВРН	51
3.3.4 Ідентифікація обличчя суб'єкта	52
3.4 Висновок до третього розділу	53
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	54
4.1 Небезпечні й шкідливі фактори при виконанні робіт з монтування системи ССТV	54
4.2 Заходи забезпечення сприятливих (безпечних) умов праці	56
4.3 Пожежна профілактика	60
4.4 Висновки до четвертого розділу	62
ВИСНОВКИ	64
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ	65
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Актуальність теми. Телевізійні системи спеціального призначення є інформаційними системами, які у побуті називають системами відеоспостереження, що належать до закритого прикладного телебачення і мають загальноприйнятну аббревіатуру CCTV (Closed Circuit Television). Ці системи, у порівнянні з системами мовленнєвого телебачення, призначені для обмеженого кола глядачів.

На даний час CCTV використовують також і для ідентифікації суб'єктів, застосовуючи відповідні апаратно-програмні засоби. В основу роботи цих засобів покладено різні біометричні методи.

У зв'язку із затребованістю ідентифікації суб'єктів та великою кількістю камер у всіх аспектах життя людини, все більш актуальними становляться розробки у цій сфері. Задача розпізнавання осіб актуальна як в області інтелектуальних засобів, так і в системах безпеки. У зв'язку з високим попитом над розробками алгоритмів розпізнавання працюють як великі компанії, використовуючи відповідні комерційні програмні продукти, так і індивідуальні розробники, застосовуючи програми з відкритим кодом такі як OpenCV.

Мета і задачі дослідження. Метою даної кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Магістр» є підвищення ефективності та якості системи ідентифікації обличь суб'єктів за рахунок встановлення необхідних технічних параметрів відеокамер, вибору ефективного методу ідентифікації та реалізація його на програмному рівні.

Для досягнення поставленої мети було потрібно виконати наступні завдання:

- проаналізувати стан досліджень у даній предметній області;
- дослідити існуючі підходи до реалізації ідентифікації обличь в інформаційній системі CCTV на апаратному та програмному рівнях;
- виконати порівняння методів розпізнавання обличь найперспективних підходів;

- проаналізувати існуючі вимоги та правила розташування відеокамер при вирішенні оперативної задачі ідентифікації суб'єкта;
- встановити необхідні параметри відеокамери та їх вплив на ймовірність розпізнавання суб'єкта;
- запропонувати та реалізувати алгоритм ідентифікації обличчя з використанням мови Python.

Об'єкт дослідження апаратний та програмний рівень реалізації ідентифікації обличчя в інформаційній системі ССТV. оперативна задача ідентифікації суб'єкта за обличчям.

Предмет дослідження оперативна задача ідентифікації суб'єкта за обличчям.

Наукова новизна одержаних результатів кваліфікаційної роботи полягає у тому, що отримано необхідні графічні залежності впливу технічних параметрів відеокамери на якість зображення та рівень ймовірності розпізнавання обличчя в кадрі, а також подальший розвиток методу LBRN розпізнавання групи «кластерних» підходів.

Практичне значення одержаних результатів. Подані у даній роботі матеріали допоможуть проєктантам на стадії розробки проєкту інформаційної системи ССТV вирішувати оперативну задачу ідентифікації суб'єкта.

Апробація результатів магістерської роботи. Основні результати проведених досліджень обговорювались на:

- XII-й міжнародній науково-практичній конференції «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем» Чернігівської політехніки (м. Чернігів, 2022 р);
- V-й Всеукраїнській науково-практичній конференції «Приладобудування та метрологія: сучасні проблеми, тенденції розвитку» Луцького національного технічного університету (м. Луцьк, 2022 р.).

Публікації. Основні результати кваліфікаційної роботи опубліковано у двох працях конференції (див. додаток А).

Структура й обсяг кваліфікаційної роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури з 27 найменувань та 1 додатку. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи складає 68 сторінок, з них 54 сторінки основного тексту, який містить 16 рисунків та 7 таблиць.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Розпізнавання та ідентифікація обличчя суб'єкта людиною

Людина здійснює ідентифікацію об'єктів, які її оточують, практично миттєво – за десятки долі секунд. Наш мозок, постійно функціонуючи, порівнює те, що знаходиться в полі зору, з наявною інформацією образів/сцен, закладених у пам'яті. Як тільки перед людиною з'являється новий образ об'єктів чи суб'єктів, раніше невідомий їй, він фіксується зоровим апаратом і доповнюється до існуючих.

Якщо провести самоаналіз сприйняття навколишнього світу, то можна попередньо виділити декілька основних етапів у процесі ідентифікації інших осіб:

- виділення (розрізнення) на загальному фоні особи, як такої на основі її характерних фізичних характеристик;
- визначення характерних рис обличчя особи, у результаті чого людина усвідомлює бачила вона її раніше чи ні;
- людина розпізнає особу за приналежністю її до конкретного образу, закладеного у своїй пам'яті, та встановлює хто це.

Процеси розпізнавання та ідентифікації осіб пов'язані із когнітивною стороною сприйняття людини [1], оскільки, її мозок постійно порівнює те, що вона бачить, з тим, що зберігається в його пам'яті. В її онові лежать психофізичні особливості сприйняття особи, а саме те, як взагалі людина сприймає та розпізнає особу.

Ці особливості сприйняття досліджував А.Л. Ярбус [2], який встановив незалежність вирішення питання про роль рухів очей у зоровому сприйнятті від вирішення питання про регулювання самих рухів очей та їх детермінацію.

Рухи ока є вкрай складною картиною його активності і складаються з кількох форм рухів: ністагм, сакад, інверсійних ністагм, синусоїдальних коливань [2, 3]. При довготривалому спостереженні весь образ будь-якого

об'єкту або його фрагменти почергово згасають, то з'являються знову – відбувається фрагментація образу (почергове згасання та відновлення його окремих частин).

Це частково пояснює теорія нейронних ансамблів, згідно з якою окремі нейрони мають більшу схильність розряджатися частіше стосовно рухів у певних напрямках, які прийнято називати «переважні напрямки окремих нейронів».

Таким чином, у відповідності до теорії нейронних ансамблів, для реалізації здатності до сприйняття необхідний досвід: той чи інший образ сприймається внаслідок комбінацій окремих слідів у мозку, що утворилися там раніше засвоєним елементам [4]. Це узгоджується і з іншими теоріями сприйняття, згідно з якими образ сприймається як ціле, без синтезу з окремих частин, завдяки здатності сприймати «форму», «цілісність» і «організацію».

З вище викладеного випливає, що на початковому етапі сприйняття зображення відбувається виділення груп структурних елементів або організованих структур. Це підтверджує відтворення рухів очей під час розгляду зображення (див. рис. 1) [2].

Рухи очей дестабілізують зображення на сітківці, але людина сприймає зображення стабільно. Таке сприйняття забезпечує мозок завдяки просторової константності зорового сприйняття [2].

Просторова константність сприйняття формується в результаті специфічної діяльності зорової системи.

Один і той же об'єкт спочатку виявляється, первинно обробляється периферією з передачею отриманої інформації до мозку, а потім він досліджується більш детально.

Особливості сприйняття слабо контрастних зображень зоровим трактом людини полягають у тому, що у процесі розпізнавання мозок виступає в якості активної розпізнавальної системи, яка здійснює перевірку правильності рішень.

Характерними етапами розпізнавання активної системи є: виділення ознак, попередній аналіз, висування гіпотези (припущення), перевірка гіпотези

(припущення) – звірення зображень із наявним зразком, взятим з бази даних пам'яті. Цей принцип активного розпізнавання і закладається на початковому етапі проектування систем технічного бачення слабо контрастних об'єктів, зокрема при розпізнаванні та ідентифікації людей.

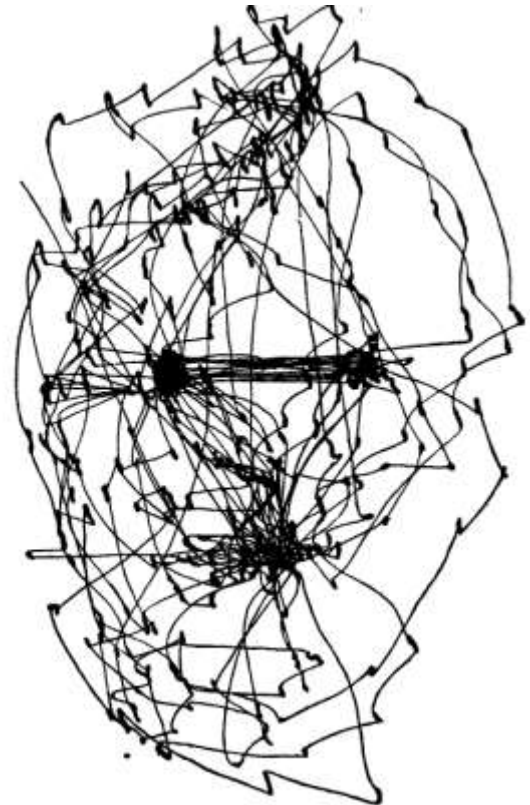


Рисунок 1.1 – Запис рухів ока під час розгляду фотографії двома очами протягом трьох хвилин

Коли людина дивиться на такі об'єкти як кружка, годинник, стілець чи автомобіль – вона визнає їх за рахунок порівняння того, що бачить, і відомих їй характеристик, що притаманні ментальним образам цих об'єктів. Хоча не всі ці типи об'єктів однакові і деякі модифікації їх можуть відрізнятися від ментального образу прототипу, але кожен з них має характерні риси. Так, кожна кружка має набір властивих тільки їй ключових характеристик – форму, розмір, колір тощо; класичний годинник – форму, розмір, годинникові стрілки, циферблат тощо, які допомагають людині розпізнати їх. Потім образ об'єкта

класифікується мозком людини та зберігається у пам'яті під визначеною категорією.

З відси можна зробити перший висновок – збільшення кількості різновидів об'єктів певної категорії, що запам'ятав мозок, призведе до спрощення розпізнавання нового образу об'єкта.

Якщо на етапі класифікації об'єктів процес розпізнавання може добігати кінця, то на етапі ідентифікації обличь – це лише початок. Так, якщо валізу досить визнати валізою, а годинник годинником, то обличчя людини недостатньо визнати людським обличчям – потрібний більш глибокий аналіз.

Практично миттєво мозок людини розпізнає стать особи, її приблизний вік та її приналежність до конкретної раси. Також людина практично відразу визначає чи знайоме їй це обличчя. Якщо людина знайома, то мозок з бази даних пам'яті починає витягувати інформацію про цю людину. Подібним чином і побудовано алгоритми ідентифікації осіб.

Результатом роботи алгоритмів для ідентифікації осіб є збіг або розбіжність з наявною базою даних обличь, а робота самої інформаційної системи розпізнавання та ідентифікації людей у реалії являє собою комплекс апаратних і програмних засобів, що взаємодіють між собою.

1.2 Шляхи реалізації ідентифікації обличь в інформаційних системах ССТV

Загалом в системах відеоспостереження процес ідентифікації обличь полягає у порівнянні (співставленні) обличь, що потрапили в об'єктив відеокамери, з наявною базою даних попередньо ідентифікованих та збережених обличь суб'єктів.

Апаратна реалізація цього процесу може бути здійснена двома шляхами: аналіз відеопотоку на відеосервері (реєстраторі), або безпосередньо на самій відеокамері.

Перший варіант реалізації буде мати значне навантаження інформаційної мережі системи з огляду на розмір одного відеокадра та обмеження кількості камер, що можна задіяти. Обробка такої інформації потребує потужних серверів і відповідних реєстраторів, а масштабованість системи потребуватиме збільшення їх кількості.

В останньому варіанті реалізації аналіз зображення здійснюється безпосередньо самою відеокамерою з подальшим формуванням метаданих та передачею їх на сервер. Реалізація такого варіанту побудови системи потребує спеціалізованих камер, вартість яких станом на 2022 рік є суттєвою а номенклатура досить мала. Залежно від конкретного виробника по різному вирішується питання місця збереження та розмір бази даних обличч.

В обох варіантах реалізації даний процес буде залежати від правильності встановлення відеокамер, використаного методу ідентифікації, застосованого алгоритму та його швидкодії і наявної бази даних обличч суб'єктів.

Стандартно біометрична система складається з двох основних модулів – реєстрації та ідентифікації.

Модуль реєстрації «навчає» систему ідентифікувати конкретну особу. На початковому етапі відеокамера сканує людину для того, щоб створити цифрове представлення її образу. Сканування обличчя триває до 30 секунд, у результаті чого формуються декілька зображень з різними ракурсами та виразами обличчя. Спеціальний програмний модуль обробляє їх і визначає характерні риси з подальшим створенням шаблону та записом до баз даних системи.

У свою чергу, модуль ідентифікації отримує від камери зображення людини і перетворює його в аналогічний цифровий формат, в якому зберігається шаблон. Отримані дані порівнюються зі шаблоном, що зберігається в базі даних, для того, щоб визначити, чи відповідають ці зображення один одному.

Відомо, що ідентифікація може виконуватися шляхом верифікації, автентифікації чи розпізнавання [5].

Верифікація передбачає підтвердження збігу отриманих даних про людину і наявного шаблону зображення людини, за яку вона себе видає.

Автентифікація передбачає підтвердження факту відповідності зображення отриманого відеокамерою одному з шаблонів, що зберігаються у наявній базі даних, з метою встановлення ким він є.

При розпізнаванні, якщо отримані характеристики і один із шаблонів, що зберігаються, виявляються однаковими, то система ідентифікує людину з відповідним шаблоном.

Отримане з необхідного ракурсу зображення обличчя людини високої роздільної здатності, за рахунок відповідних параметрів матриці та об'єктива, у подальшому дозволить провести його детальний аналіз фізіологічних особливостей та ідентифікувати.

1.3 Існуючі підходи реалізації ідентифікації обличчя в інформаційній системі CCTV на програмному рівні

За аналіз отриманого зображення обличчя людини відповідає спеціалізоване програмне забезпечення, яке обробляє його із застосуванням спеціальних математичних алгоритмів.

Не дивлячись на різноманіття алгоритмів і методів розпізнавання зображень обличчя класичний підхід до розпізнавання утворює три основні етапи:

- трансформування вихідного зображення в початкову уяву;
- виділення ключових характеристик;
- механізм аналізу (моделювання).

Питання розпізнавання обличчя розглядали ще ранніх стадіях машинного зору. Низка ІТ-компаній протягом багатьох років вели роботу над розробкою спочатку автоматизованих систем розпізнавання людських обличчя, а тепер і автоматичних систем: Vissage Technology (система Vissage Gallery); Smith & Wesson (система «ASID» – Automated Suspect Identification System); Visionics

(система FaceIt); Intel Corporation, Willow Garage Inc., Itseez Ltd. (система OpenCV – Open Source Computer Vision Library); Imagis, Epic Solutions, Spillman, Miros (система Trueface); ImageWare (система FaceID) та інші.

Більшість згаданих систем розпізнавання людських обличчя мають комерційну складову, але є і такі, що призначені для загального призначення з відкритим кодом, наприклад – OpenCV.

На початку 21 століття існуючі методи порівняння обличчя за їх характерними ознаками утворили дві базові групи [6], які сформувалися на основі застосованих характерних підходів: «холістичних» (оцінка властивостей об'єкта в цілому) і «структурних» підходів (ознакових). Методи першої групи передбачають розглядання обличчя як цілісних зображень, що порівнюють поміж собою, а другої – виділення з обличчя локальних ознак, за якими описується розташування та форми очей, носа, рота тощо.

Кожна з цих груп має певні недоліки. Так, холістичні підходи показали високу надійність в ситуаціях, які є наближеними до ідеальних умов розпізнавання [7] – обличчя повністю відкрите і спрямоване до об'єктива відеокамери. У свою чергу, структурні підходи краще себе зарекомендували в ситуаціях, коли окремі частини обличчя суб'єкта з певних причин приховані (наприклад, елементами одягу або окулярами).

Згодом розробили «SIFT-подібні методи виявлення ознак» (Scale-Invariant feature transform – масштабно-інваріантна трансформація ознак) і SURF (Speeded-Up Robust Features – прискорені стійкі ознаки), які стосовно ідентифікації обличчя людини показали незадовільні результати. Це пояснюється тим, що на обличчі людини замало так званих характерних «кутів», на основі яких визначаються ключові точки.

Розвиток методів порівняння обличчя призвів до появи так званої групи «кластерних» підходів [8-11]. Їхня суть полягає у тому, що зображення обличчя розподіляється на певну кількість ділянок однакового розміру (див. рис. 1.2), і до кожної з цих ділянок застосовують холістичний підхід та порівнюють їх попарно і незалежно від інших. За такого підходу можна стверджувати, що

якщо деякі пари ділянок зображень, які порівнюються, не будуть мати збігу між собою в наслідок впливу тіней і перекриття їх елементами одягу, то пари ділянок, що залишилися неприхованими і незатіненими, забезпечать потрібний ступінь взаємної відповідності. Ця ступіть відповідності буде достатньою для вірного прийняття рішення збіг/неспівпадіння обличчя.

Для такого аналізу утворених квадратних ділянок можна застосовувати методи головних компонент, локальних бінарних шаблонів, вейвлети Хаара і Габора та інші [8-11].

Беручи до уваги вище викладене, прослідковується універсальність «кластерних» підходів, які забезпечують встановлення відповідності отриманого зображення обличчя наявним у базі даних навіть за перекриття чи затінення окремих його ділянок.



Рисунок 1.2 – Приклад розбиття зображення на квадратні ділянки

Можливі підходи до ідентифікації обличчя суб'єкта за їх зображеннями на даний час практично сформовано. Це пояснюється тим, що за останнє десятиліття загалом не було прийнято жодного принципово нового методу.

Таким чином, робота в даній галузі зараз зосереджена на вдосконаленні наявних алгоритмів, у яких покращують їх швидкодію та рівень достовірності розпізнавання.

В основі програмної реалізації процесу ідентифікації обличь в CCTV станом на 2022 рік лежать переважно 2D інформаційні технології обробки плоского двовимірного зображення, хоча вже існують спроби застосування і 3D технології. Алгоритми, що реалізовано за 2D технологіями, в основному використовують антропометричні параметри обличчя.

Кожна з цих технологій має свій рівень помилок. Не дивлячись на те, що коефіцієнти помилок FAR (рівень помилкових підтверджень) і FRR (рівень помилкових відмов) у 2D технологій вищі за 3D технології (див. табл. 1.1), домінування 2D технологій в CCTV при обробці зображення є явними. Це пояснюється тим, що існуючі величезні світові бази даних ідентифікації обличь і встановлені відеокамери є двовимірними (станом на 2021 рік кількість встановлених у світі камер перевищило 1 мільярд).

Таблиця 1.1 – Коефіцієнти помилок FAR і FRR в 2D та 3D технологіях розпізнавання обличь

Тип технології	Коефіцієнт помилкових підтверджень (FAR), %	Коефіцієнт помилкових відмов (FRR), %
2D розпізнавання	0,1	2,5
3D розпізнавання	0,0005	0,1

Коефіцієнт помилки False Reject Rate (FRR) – ймовірність того, що система не ідентифікує зареєстрованого користувача чи не підтверджує його автентичність та визначається за формулою:

$$FRR = \frac{FR}{N_t} 100\% , \quad (1.1)$$

де FR – кількість помилкових не розпізнавань (False Reject – конкретна людина, наприклад, така як Шевченко, не розпізнана як Шевченко); N_t – кількість наявних у базі даних еталонів.

Коефіцієнт помилки False Acceptance Rate (FAR) – ймовірність того, що система розпізнавання суб'єктів помилково ідентифікує незареєстрованого користувача чи підтверджує його ідентичність та визначається за формулою:

$$FAR = \frac{FA}{N_t} 100\%, \quad (1.2)$$

де FA – кількість помилкових розпізнавань (False Acceptation – конкретна людина, наприклад, така як Шевченко, розпізнана як Петренко); N_t – кількість наявних у базі даних еталонів.

Ці коефіцієнти носять відносний характер і можуть змінюватися залежно від обраного методу ідентифікації обличь, застосованого алгоритму і його налаштування.

1.3.1 Результати аналізу основних методів розпізнавання групи «кластерних» підходів

Обличчя кожної людини має набір характерних ознак, які у тій чи іншій мірі виділяються серед інших. Усі наявні методи розпізнавання обличчя спираються на ці характеристики.

Метод головних компонент (PCA – Principal Component Analysis) розроблено для стискання інформації без суттєвих втрат інформативності і полягає у лінійному ортогональному перетворенні вхідного вектора X з розмірністю N у вихідний вектор Y з розмірністю M , де $N > M$. Компоненти вектора Y є некорельованими, а це означає – загальна дисперсія після перетворення залишиться без зміни.

Основна ідея застосування даного методу для розпізнавання осіб є запровадження поняття «власних обличь» (eigenfaces) [12, 13], що являють собою зображення обличь у вигляді набору головних компонент зображень. Саме розпізнавання обличь полягає у порівнянні одних головних компонент вхідного зображення з іншими головними компонентами всіх наявних зображень. Для цього застосовують певну метрику (наприклад, Евклідову).

До переваг методу головних компонент слід віднести наступне:

- наявність в наборі варіацій зображень обличчя суб'єктів, таких як стать, раса, емоції, освітлення, призводить до появи головних компонент, величина яких у більшості визначається цими чинниками;
- зберігання та пошук зображень у великих базах даних, можливість реконструкції зображень.

До недоліків належать високі вимоги до освітленості, які мають бути забезпечені під час отримання зображень, нейтральний вираз обличчя, відсутність накладних елементів (вуса, борода тощо) і необхідність у проведенні якісної попередньої обробки зображення, що може призвести його до стандартних умов, а розрахунок набору власних векторів є досить трудомістким.

У свою чергу, метод лінійного дискримінантного аналізу (LDA – Linear Discriminant Analysis) передбачає використання такої проекції простору зображень на простір ознак, яка дозволить максимізувати міжкласову та мінімізувати внутрішньокласову відстань у цьому просторі ознак. В основу даного методу покладено припущення, що всі класи є лінійно подільні.

В LDA тренувальний набір має містити набір зображень обличчя суб'єктів, зроблених за декількох базових умов освітленості, на основі яких за допомогою лінійних комбінацій отримують потрібні умови освітленості.

До переваг даного методу слід віднести достатньо високу точність розпізнавання (близько 98%) стосовно широкого діапазону умов освітленості, різної міміки обличчя та наявних накладних елементів.

Але, досі залишаються актуальними питання застосування методу LDA для пошуку еквівалента вхідного зображення обличчя у великих базах даних та його можливості, коли в базі присутні зображення обличчя суб'єкта зроблені за одних і тих умов освітлення та інші.

Метод локальних бінарних шаблонів (LBP – Local Binary Patterns), описує кожен піксель зображення у вигляді бінарного коду, який залежить від інтенсивності сусідніх пікселів, і являє собою простий оператор. Його

використовують при пошуку обличчя на зображенні та перевірки його на приналежність певному класу (наприклад, визначення статі за обличчям, розпізнавання емоцій та верифікації).

Базовий оператор LBP пікселя зображення створюється за вісьма пікселями, які його оточують, та приймає значення інтенсивності центрального пікселя як поріг (рис. 1.3). Пікселі, які мають значення інтенсивності більше або рівне значенню інтенсивності центрального пікселя отримують значення рівні «1», інші – «0». Таким чином, результатом застосування базового оператора LBP до пікселя зображення буде восьмирозрядний двійковий код, що описує навколишні пікселі стосовно цього пікселя.

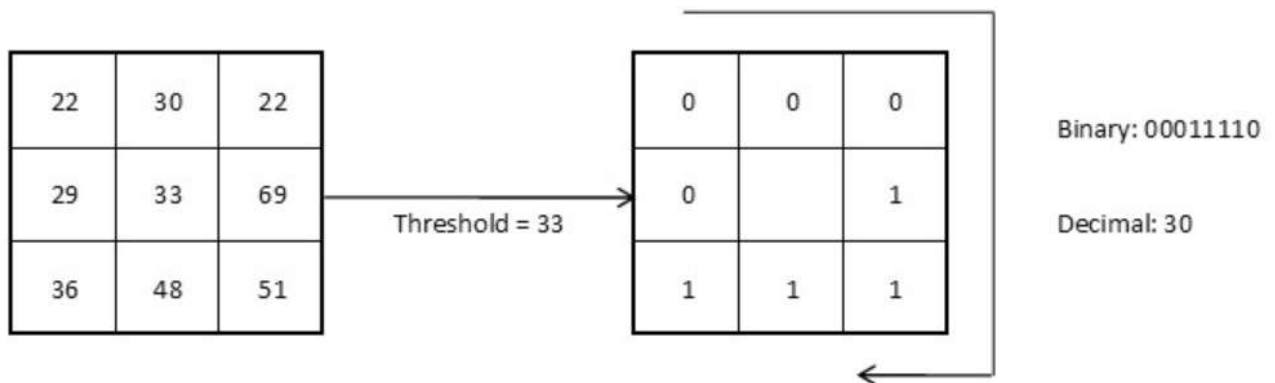


Рисунок 1.3 – Базовий оператор LBP

Загалом таких варіантів чисел становить 256 (2^8). Отже, кожен піксель зображення отримує одну з 256 міток, яка дає йому відповідну характеристику. У подальшому з цих даних створюється гістограма і порівнюються текстури за гістограмами LBP.

Оператор LBP застосовується як складова частина багатьох класифікаторів. Найпростіше застосування – це складання гістограм і їх порівняння.

Метод LBP у поєднанні з алгоритмом Віюлі-Джонса на даний час отримав широке застосування за рахунок високої швидкодії та ефективності [14].

1.4 Вимоги та правила розташування відеокамер при вирішенні оперативної задачі ідентифікації суб'єкта

Основний параметр, який впливає на процес ідентифікації, є ступінь деталізації зображення і залежить він від чіткості відображення об'єкта спостереження.

З розвитком відеоспостереження і покращенням технічних характеристик відеокамер переглядали та вдосконалювали категорії оперативних задач [15]. Так, станом на 2009 рік в стандарті BS 8418:2009 було виділено наступні оперативні завдання: моніторинг, детектування, огляд, розпізнання, ідентифікація та інспектування [16]. У відповідності до згаданого стандарту завданню ідентифікації відповідає можливість розрізнення достатньо дрібних та характерних деталей об'єкта спостереження.

У 2013 році в ЄС вступив у дію стандарт з відеоспостереження EN 50132-7 за назвою «Alarm systems - CCTV surveillance systems for use in security applications» [17]. У даному стандарті було вперше введено параметр – «просторова щільність пікселів», який характеризує потрібну кількість пікселів зображення, що повинна припадати на одиницю ширини об'єкта спостереження віддаленого від відеокамери на певну відстань, для вирішення тої чи іншої оперативної задачі. Згідно до цих даних, для вирішення завдання ідентифікації необхідно щоб на 1 метр лінії спостереження припадало неменше 250 пікселів.

Вимоги до реалізації оперативної задачі з ідентифікації суб'єктів наявними засобами відеоспостереження у світових стандартах дещо різняться (див. табл.1.2).

Вирішення завдання ідентифікації людини за характерними рисами обличчя в CCTV апаратними засобами забезпечують проектувальники цих систем. Вони стосовно обраної замовним зони огляду, а це переважно на входах/виходах до/з об'єкту, визначають необхідні параметри відеокамери, які відповідатимуть достатній «просторовій щільності пікселів» для даного

завдання. Забезпечення потрібної «просторової щільності пікселів» потрібне для досягнення достатньої якості зображення.

Таблиця 1.2 – Критерії вирішення завдання ідентифікації у різних стандартах з CCTV

Вид оперативного завдання	Мінімально необхідна щільність пікселів (Пікс/м) згідно AS 4806 (Австралійський стандарт)	Мінімально необхідна щільність пікселів (Пікс/м) згідно EN IEC 62676 (стандарт ЄС)	Мінімально необхідна щільність пікселів (Пікс/м) згідно EN 50132 (міжнародний стандарт)
Ідентифікація	350	250	250

На «просторову щільність пікселів» впливають наступні основні характеристики камери: розмір та кількість пікселів матриці, фокусна відстань об'єктива [15].

Під час планування CCTV для захисту будівлі завдання ідентифікації переважно вирішують стосовно відвідувачів на вході до будівлі. Це актуально як для об'єктів торгівлі, офісних будівель, торгових розважальних центрів, шкіл, дитячих садів та житлових комплексів.

Проектуючи таку систему необхідно обґрунтувати вибір місця розташування відеокамери стосовно основних і запасних входів до офісного будинку, визначитися з технічними параметрами камер і місця їх встановлення.

Плануючи ідентифікацію обличчя в потоці людей потрібно визначати його напрям, який і вкаже на потрібне спрямування камери.

Як було зазначено вище, щільність пікселів, яка є достатньою при вирішенні задачі ідентифікації – 250 пік/м. Однак, одного критерію просторової роздільної здатності зображення є недостатньо.

Типовою помилкою під час розміщення камери для ідентифікації – невірно обрані граничні кути.

Невірно обране місце встановлення камери тягне до занадто великого кута нахилу стосовно горизонту і вертикалі. Так, гарантована ідентифікація здійснюється за умови, що камера нахилена стосовно вертикалі не більш як на 30° і не більше 20° відносно горизонту [18].

Також, під час вибору місця встановлення камери при вирішенні завдання ідентифікації потрібно враховувати типову поведінку відвідувача, для того, щоб кут нахилу обличчя суб'єктів у кадрі не перевищував $\pm 10^\circ$ - 20° . Потрібно враховувати і такі факти, що при виходженні/вході на/з ескалатор(а) суб'єкт дивитиметься собі під ноги, а під час відкриття дверей – на дверну ручку.

Вирішення питання ідентифікації потребує пошуку балансу між двох параметрів – висотою встановлення камери та фокусною відстанню об'єктива.

1.5 Висновок до першому розділу

В першому розділі кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Магістр» описано процес розпізнавання обличчя суб'єкта людиною, можливі шляхи реалізації ідентифікації обличчя в інформаційних системах CCTV, існуючі підходи до реалізації ідентифікації обличчя в інформаційній системі CCTV на програмному рівні, наведено результати аналізу основних методів розпізнавання групи «кластерних» підходів, вимоги та правила розташування відеокамер при вирішенні оперативної задачі ідентифікації суб'єкта.

Сприйняття людиною навколишнього світу складається з декількох основних етапів. У процесі ідентифікації інших осіб об'єкт спочатку виявляється, первинно обробляється периферією з передачею отриманої інформації до мозку, а потім він досліджується більш детально.

Апаратна реалізація процесу ідентифікації обличчя здійснюється двома шляхами – аналіз відеопотоку на відеосервері (реєстраторі) або безпосередньо на самій відеокамері. Перший варіант доцільно застосовувати в глобальних і великих системах CCTV, яким притаманна велика кількість відеокамер, другий – малим локальним системам, де формується помірний інформаційний потік.

Серед існуючих підходів до ідентифікації обличчя суб'єкта за їх зображеннями найширшого застосування набули методи «кластерних» підходів, які забезпечують встановлення відповідності отриманого зображення обличчя наявним у базі даних навіть за перекриття чи затінення окремих його ділянок.

Метод LBP, який належить до «кластерних» методів, у поєднанні з алгоритмом Віоли-Джонса на даний час отримав широке застосування за рахунок високої швидкодії та ефективності. Таким чином, використовуючи даний підхід, можна здійснити програмну реалізацію для вирішення задачі ідентифікації суб'єкта.

Основний параметр, який впливає на процес ідентифікації – ступінь деталізації зображення. Для вирішення завдання ідентифікації необхідно щоб на 1 метр лінії спостереження припадало не менше 250 пікселів.

Гарантована ідентифікація здійснюється за умови, що камера нахилена стосовно вертикалі не більш як на 30° і не більше 20° відносно горизонту.

Також, під час вибору місця встановлення камери при вирішенні завдання ідентифікації потрібно враховувати типову поведінку відвідувача, для того, щоб кут нахилу обличчя суб'єктів у кадрі не перевищував $\pm 10^\circ$ - 20° . Необхідно враховувати і такі факти, що при виходженні/вході на/з ескалатор(а) суб'єкт дивитиметься собі під ноги, а під час відкриття дверей – на дверну ручку.

Вирішення питання ідентифікації потребує пошуку балансу між двох параметрів – висотою встановлення камери та фокусною відстанню об'єктива, які й потрібно вирішити.

2 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

2.1 Визначення необхідних технічних параметрів відеокамери

Під час вибору відеокамер для побудови інформаційної системи ССТV використовують низку аналітичних залежностей [19].

Необхідну фокусну відстань об'єктива відеокамери, яка забезпечить потрібне поле зору залежить від розміру матриці камери і відстані до сцени спостереження пояснює схема рис.2.1, визначають як:

$$f = h \frac{L}{H}, \quad (2.1)$$

де f – фокусна відстань лінзи об'єктива; h – ширина матриці сенсора відеокамери; L – відстань до об'єкта спостереження; H – ширина об'єкта спостереження.

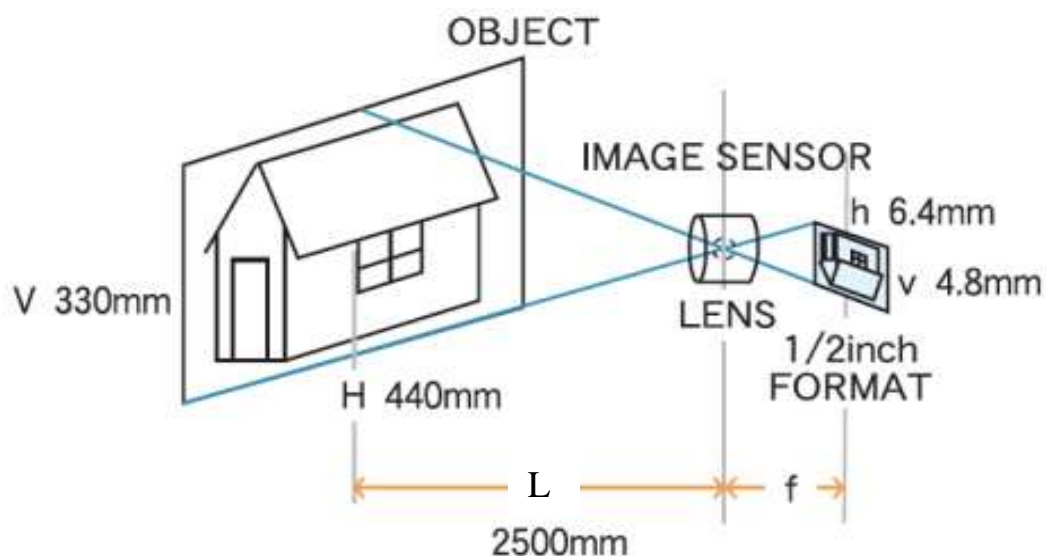


Рисунок 2.1 – Схема до визначення фокуса об'єктива: f – фокусна відстань об'єктива відеокамери, v – висота матриці відеокамери, h – ширина матриці відеокамери, L – відстань до об'єкта спостереження, V – висота об'єкта спостереження, H – ширина об'єкта спостереження

Роздільна здатність зображення, яку прийнято ще називати «просторовою густиною пікселів», характеризує собою ту кількість пікселів, що припадає на 1 м відображення сцени спостереження. Ця сцена знаходиться на визначеній відстані від відеокамери.

Зміну в просторі роздільної здатності пояснює схема, що подано на рис. 2.2.

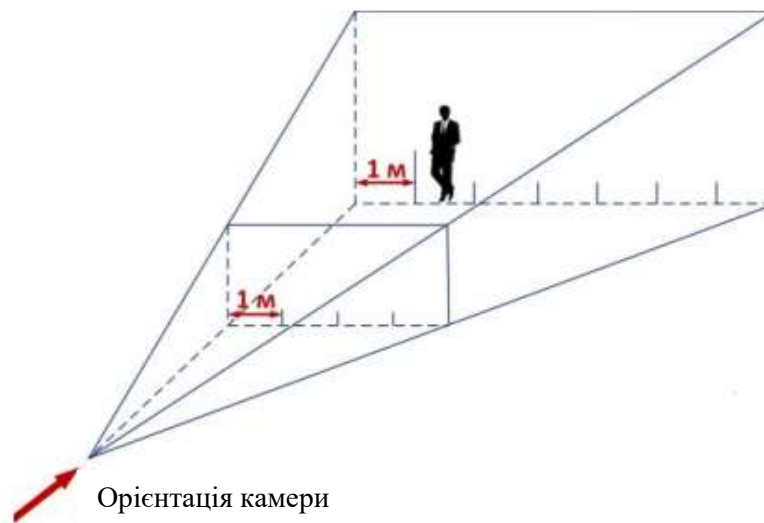


Рисунок 2.2 – Схема зміни просторової роздільної здатності сцени спостереження

Стосовно відеокамер роздільну здатність характеризують загальною кількістю пікселів на площу матриці та визначається як добуток кількості пікселів за горизонтом і вертикаллю матриці (див. табл. 2.1).

На роздільну здатність матриці за висотою та шириною впливає співвідношення її сторін. Так, наприклад, для матриці формату 4:3 кількість пікселів за висотою n_v визначають як:

$$n_v = 0,75n_m, \quad (2.2)$$

де 0,75 – коефіцієнт, який враховує співвідношення сторін матриці; n_m – сумарна кількість пікселів матриці.

Кількість пікселів за шириною матриці визначають як:

$$n_u = \sqrt{\frac{n_m}{0,75}}. \quad (2.3)$$

Таблиця 2.1 – Характеристики матриць типових відеокамер

Тип камери	Загальна кількість пікселів, n_m шт	Кількість пікселів за висотою, n_v шт	Кількість пікселів за шириною, n_u шт
HD 720	921.600	720	1280
1.3 MPix	1.310.720	1024	1280
HD 1080	2.073.600	1080	1920
2 MPix	1.920.000	1200	1600
3 MPix	3.145.728	1536	2048
5 MPix	4.915.200	1920	2560

Роздільна здатність зображення визначається відношенням кількості пікселів матриці за її шириною до величини поля зору (спостереження):

$$n_z = \frac{n_u}{A}, \quad (2.4)$$

де n_u – кількість пікселів матриці за її шириною; A – розмір поля зору.

Фокусна відстань об'єктива, яка забезпечить необхідну роздільну здатність відображення сцени визначають за наступним рівнянням:

$$f = \frac{Lhn_z}{n_u}. \quad (2.5)$$

Здійснивши відповідне перетворення рівняння (2.5) можна встановити необхідну відстань до відеокамери від потрібної сцени, на якій кількість пікселів на 1 метр ширини сцени буде становити необхідне нормоване значення стосовно конкретної оперативної задачі.

Місце встановлення відеокамери, за допомогою якої мають здійснювати ідентифікацію суб'єктів, залежить від специфіки об'єкта.

2.2 Вплив фокусної відстані на ймовірність розпізнавання суб'єкта

Ймовірність розпізнавання суб'єкта є основним параметром надійності системи CCTV, який характеризує її ефективність, і залежить від низки параметрів.

Значення фокусної відстані об'єктива відеокамери у найбільшій мірі впливає на рівень ймовірності розпізнавання об'єкта спостереження, яких описується розміром та віддаленням від точки спостереження.

У інформаційних системах CCTV для визначення ймовірності розпізнавання об'єкта за телевізійним зображенням застосовують критерій Джонсона [20], який описує здатність спостерігачів виконувати візуальні завдання.

Ймовірність розпізнавання $P(N)$ зображення об'єкта спостерігачем за критерієм Джонсона визначається як:

$$P(N) = 1 - e^{-0.15(N-1)^2}, \quad (2.6)$$

де N – кількість пікселів екрана за вертикаллю.

З рівняння (2.6) можна отримати залежність необхідного розміру об'єкта від потрібного рівня його розпізнавання:

$$N(P) = 1 + \left(-\frac{\ln(1-P)}{0.15} \right)^{0.5}. \quad (2.7)$$

де P – потрібний рівень розпізнавання об'єкта.

Висота і ширина ділянки місцевості, за якою ведеться спостереження (в площині сцени) залежить від відстані до неї (за умови перпендикулярності оптичної осі об'єктива до площині спостереження), фокусної відстані об'єктива і розмірів матриці.

Стосовно 1/3" матриці, із врахуванням того, що її ширина має 4,8 мм, дана залежність матиме вигляд:

$$W = \frac{4.8L}{f}, \quad (2.7)$$

де W – ширина ділянки спостереження в площині сцени; L – відстань до ділянки спостереження; f – фокусна відстань об'єктива.

У свою чергу, із врахуванням того, що висота 1/3" матриці має 3,6 мм, дана залежність матиме вигляд:

$$H = \frac{3,6L}{f}, \quad (2.8)$$

де H – висота ділянки спостереження в площині сцени.

Стосовно 1/2" матриці рівняння (2.7) і (2.8) набудуть наступного вигляду:

$$W = \frac{6,4L}{f}, \quad (2.9)$$

$$H = \frac{4,8L}{f} \quad (2.10)$$

Беручи до уваги вище подані рівняння, можна отримати залежність потрібної фокусної відстані об'єктива для розпізнавання об'єкта очікуваного розміру, який опиниться на заданій відстані за призначеного рівня ймовірності розпізнавання.

Якщо розмір об'єкта на екрані монітора займає N пікселів, а його лінійний розмір за горизонтом в площині сцени W_o метрів і роздільна здатність матриці горизонтом n_z , то ширину площини сцени W_c можна визначити як:

$$W_c = W_o \frac{n_z}{N} \quad (2.11)$$

Звідси

$$f = \frac{4,8 \left(1 + \left(-\frac{\ln(1-P)}{0,15} \right)^{0,5} \right)}{W n_z}, \quad (2.12)$$

де L – відстань до об'єкта спостереження; P – потрібний рівень ймовірності розпізнавання; W – ширина об'єкта; n_z – роздільна здатність матриці камери за горизонтом; f – фокусна відстань об'єктива.

2.3 Теоретичний базис програмної реалізації ідентифікації обличь

2.3.1 Виявлення обличь із загальної сцени за методом Віюлі-Джонса

На першому етапі вирішення завдання ідентифікації здійснюється шляхом виявлення обличчя із загальної сцени за принципом приналежності до даного класу зображення об'єкта.

Метод Віюлі-Джонса передбачає опрацювання потоку зображень у реальному часі. В основі його функціонування покладено виділення основних цифрових ознак, які є подібними до примітивів Хаара [21], та каскадна їх класифікація.

Виділення цифрових ознак необхідне для того, щоб здійснювати подальші дії з цими даними. Для цього застосовують інтегральний спосіб представлення зображення.

Інтегральне представлення зображення утворює матрицю, яка співпадає за розмірами з вхідним зображенням. Кожен елемент такої матриці містить інформацію про загальну інтенсивність пікселів, що перебувають вище та лівіше від нього.

Значення кожного елемента матриці описується наступною залежністю:

$$L(x, y) = \sum_{i=0}^x \sum_{j=0}^y I(i, j), \quad (2.13)$$

де $I(i, j)$ – яскравість даного пікселя зображення, (i, j) – координати положення даного пікселя.

Елемент $L(x, y)$ такої матриці являтиме собою загальну інтенсивність пікселів, які розташовано в прямокутнику з координатами від $(0, 0)$ до (x, y) .

Розрахунок матриці здійснюється як:

$$L(x, y) = I(x, y) - L(x-1, y-1) + L(x, y-1) + L(x-1, y). \quad (2.14)$$

Принцип обрахування можна пояснити наступним чином.

Нехай, існує прямокутна область ABCD (див рис. 2.3), у якій потрібно визначити значення D.

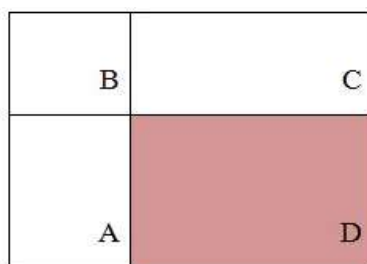


Рисунок 2.3 – Прямокутна область зображення ABCD

У відповідності до вище сказаного, значення області D можна визначити як:

$$S(ABCD) = L(A) + L(C) - L(B) - L(D). \quad (2.15)$$

Приклад даного процесу подано на рисунку 2.4.

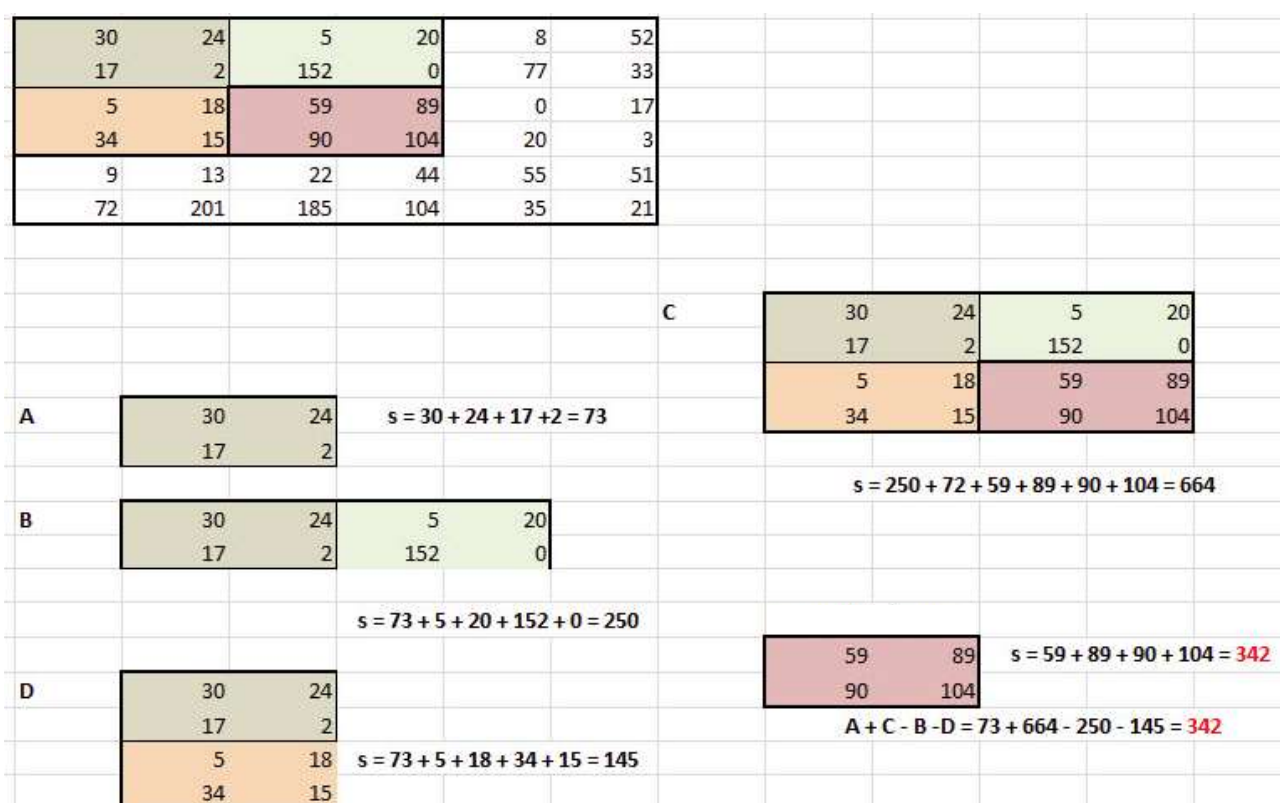


Рисунок 2.4 – Приклад інтегрального представлення зображення області D

Таким чином, за формулою (2.7) можна визначити значення пікселів довільного прямокутника.

Принцип функціонування методу Віюлі-Джонса полягає у наступному (див. рис. 2.5)

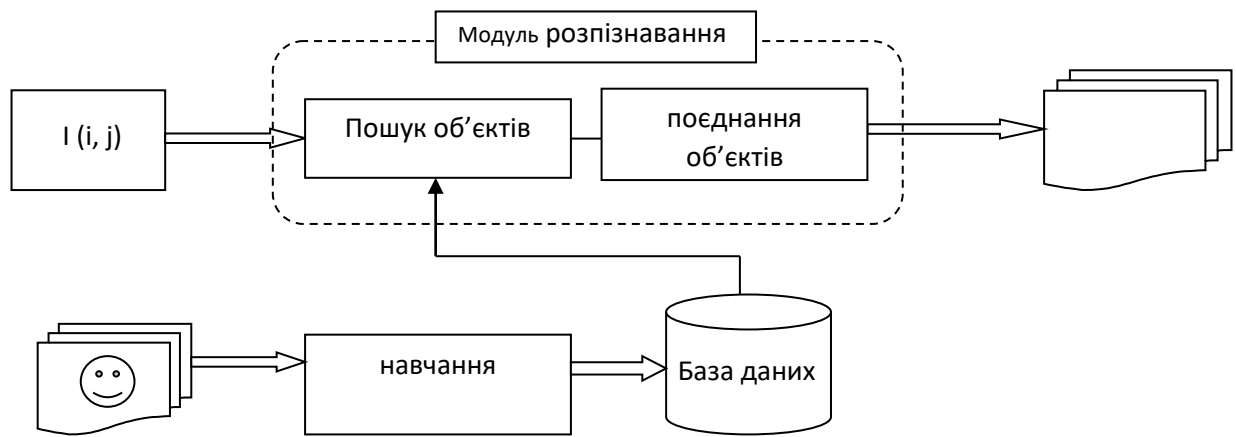


Рисунок 2.5 – Узагальнена схема принципу роботи алгоритму Віоли-Джонса

Спочатку алгоритм навчання навчає базу даних, яка містить значення визначених ознак, за допомогою тестових зображень. У подальшому алгоритм розпізнавання здійснює пошук об'єктів на різних масштабах зображення, використовуючи базу даних. На виході модуля розпізнавання видається множина знайдених об'єктів на різних масштабах.

Як було зазначено вище, основною ідеєю закладеною в роботу алгоритму Віоли-Джонса – розпізнавання наявних на зображенні особливостей. Ці особливості базуються на каскадах ознак Хаара. Дану назву вони отримали через інтуїтивну схожість з вейвлетами Хаара. Ознаки Хаара являють собою прямокутні області, що складаються з декількох сусідніх прямокутних областей, які відзначені як світла або темна.

Під терміном «ознака» потрібно розуміти тривимірний вектор типу:

$$j = \{\text{маска}, \text{положення}, \text{розмір}\}. \quad (2.16)$$

Таким чином, під час руху «вікна сканування» ознака позиціонується на зображенні, після чого визначається загальна інтенсивність пікселів у світлих та темних областях ознаки і визначається різниця між ними. Ця різниця являє собою значення певної ознаки, що має певний розмір і позиціонування на зображенні.

Значення кожної ознаки визначається як:

$$F = L - D, \quad (2.17)$$

де L – сума значень яскравості точок, які закриваються світлою частиною ознаки; D – сума значень яскравості точок, які закриваються темною частиною ознаки.

Якщо значення ознаки Хаара перевищує певний поріг, який обчислюється в процесі навчання класифікатора бази даних, то вважається – ознака присутня на зображенні.

Існують основні та додаткові примітиви Хаара (див. рис. 2.6) розбивають потрібну прямокутну область на набори різнотипних прямокутних підобластей. Всі ці примітиви наявні в бібліотеці системи розпізнавання людських обличчя загального призначення з відкритим кодом OpenCV.

Ознаки Хаара в методі Віоли-Джонса утворюють каскадний класифікатор. Суть цього класифікатора полягає у поступовому збільшенні кількості застосованих примітивів, що призводить до збільшення швидкості функціонування алгоритму. При цьому відсіюється області зображення де не було виявлено обличчя на початкових етапах.

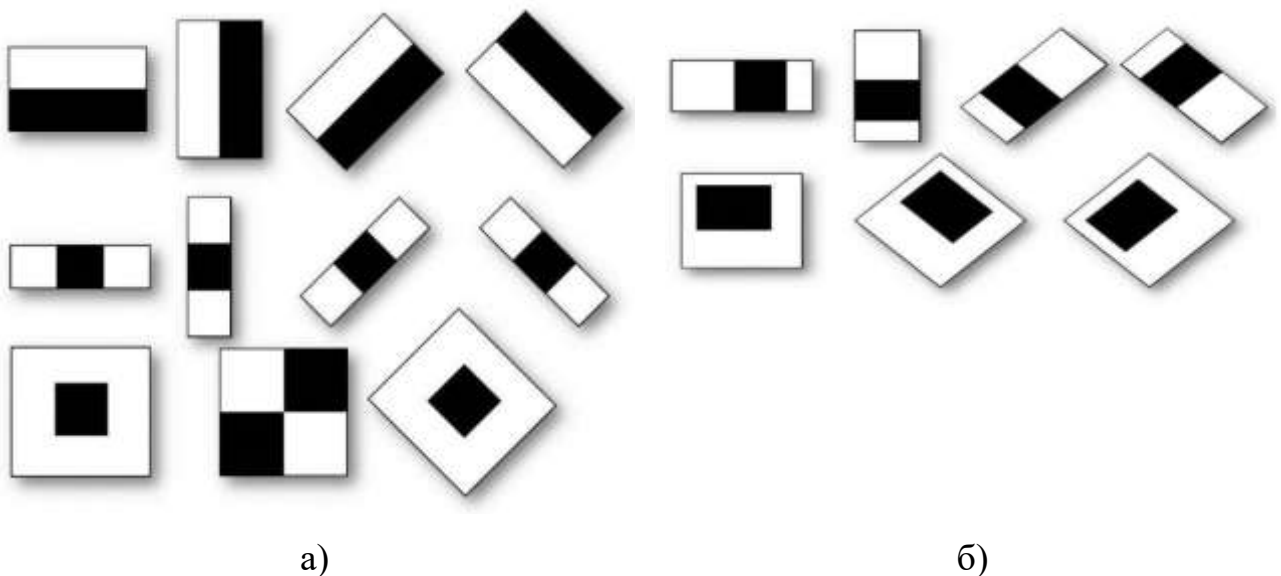


Рисунок 2.3 – Класичні примітиви Хаара: а) – основні; б) – додаткові

Загалом метод «вікна сканування» має кілька характерних етапів:

- «вікно сканування» поступово переміщається по зображенню з кроком, який відповідає одній комірці зображення (початковий розмір комірки встановлюється попередньо);

- стосовно кожного положення вікна обчислюються варіанти розташування ознак за допомогою зміни розташування та масштабу ознак;

- виявлені ознаки надходять на вхід до класифікатора бази даних;

- змінюється масштаб вікна сканування за рахунок зміни розміру комірки зображення та відбувається повторювання попередніх етапів;

- після обчислення ознак для всіх масштабів класифікатор визначає, чи є присутнім на зображенні відповідний об'єкт чи він відсутній.

Швидкість сканування зображень залежить від розміру кроку «вікна сканування», який характеризується кількістю пікселів його зміщення. Переважно крок зміщення «вікна сканування» є постійний і визначається на стадії компіляції, а це означає, що величина зміщення вікна не залежить від змісту зображення.

Кінцем результатом роботи алгоритму класифікації Віоли-Джонса є набір ознак кожної області зображення.

2.3.2 Ідентифікація обличчя оператором LBP

Базовий оператор LBP, який був розроблений Т.Оjala [22], передбачає опис околиці пікселя з радіусом R . Кількість пікселів P , що оточують цей піксель, залежить від значення R і визначається як:

$$P = (2R + 1)^2 - 1. \quad (2.18)$$

В якості порогового значення оператор LBP використовує яскравість центрального пікселя [21].

Бінарний код, принцип утворення якого висвітлено в п.1.3.1 цієї роботи, описує околицю центрального пікселя.

Під час розрахунку шаблону зображення розбивається на блоки, які не перетинаються. Загалом опис LBP можна подати як:

$$LBP_R(P) = \sum_{n=0}^{p-1} S(I_n - I_c) 2^n, \quad (2.19)$$

де I_n – інтенсивність яскравості сусіднього пікселя; I_c – інтенсивність яскравості центрального пікселя; S – знакова функція, яка визначається як:

$$s(x) = \begin{cases} 1, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases}. \quad (2.20)$$

Положення сусідніх пікселів за X, Y стосовно центрального визначається як:

$$x_n = x_c + R \cos\left(\frac{2\pi p}{p}\right), \quad (2.21)$$

$$y_n = y_c - R \sin\left(\frac{2\pi p}{p}\right), \quad (2.22)$$

де R – радіус кола; p – кількість точок області.

Якщо координати точки не відповідають координатам зображення, то вона інтерполюється (узагальнюється).

На практиці застосовують різні підходи до інтерполяції. В системі розпізнавання людських обличч загального призначення з відкритим кодом OpenCV застосовується білінійна інтерполяція.

Білінійна інтерполяція – узагальнення лінійної інтерполяції функції з двох змінних та описується наступною формулою:

$$f(x, y) \approx [1 - xy] \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) \\ f(1,0) & f(1,1) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 - y \\ y \end{bmatrix}. \quad (2.23)$$

Опис зображення у просторі ознак LBP здійснюється гистограмою, стовбці якої відповідають десятковим значенням бінарних кодів шаблонів [23]. Зображення поділяється на ділянки, які у подальшому об'єднуються і формують повний його опис.

Блок-схема алгоритму застосування оператора LBP стосовно ідентифікації обличчя, створена в онлайн програмі Progr@mfor4you, подана на рисунку 2.4.

Евклідова відстань, яка виступає в якості міри розрізняння гістограм, визначається за наступним рівнянням:

$$D = \sqrt{\sum_{i=1}^n (hist1_i - hist2_i)^2}, \quad (2.24)$$

де $hist1_i$ – стовбець з номером « i » гістограми зображення обличчя, яке досліджується; $hist2_i$ – стовбець з номером « i » гістограми зображення з бази даних еталонів обличчя; n – кількість стовбців гістограми.

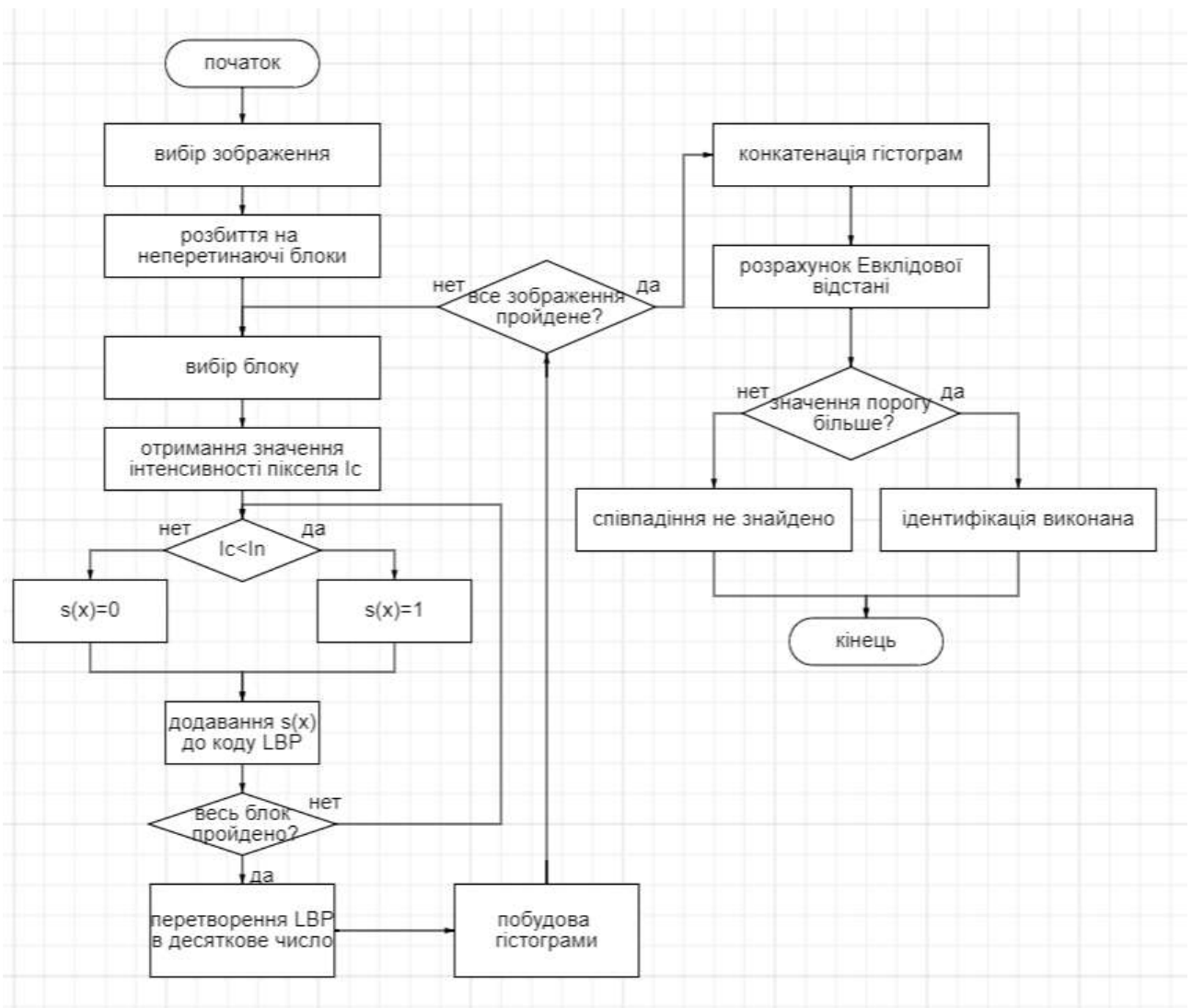


Рисунок 2.4 – Блок-схема алгоритму LBP

Таким чином, метод LBP містить наступні кроки реалізації:

- розбиття зображення на блоки, які не пересікаються між собою;
- в кожному блоці здійснюється розрахунок околиці центрального пікселя;
- визначається бінарний код;

- перетворення бінарного коду в десяткове число;
- побудова гістограми кожного блока зображення;
- конкатенація (склеювання, додавання) гістограм кожного блока;
- розрахунок Евклідової відстані;
- порівняння «склеєної» гістограми з гістограмами бази даних.

Отже, об'єднана гістограма фрагментів обличчя порівнюється з кожною з еталонних гістограм, наявних у базі даних, і на підставі цього порівняння здійснюється ідентифікація суб'єкта.

2.4 Висновок до другого розділу

В другому розділі кваліфікаційної роботи досліджено теоретичний базис визначення основних технічних параметрів відеокамери, від яких залежить, необхідний для ідентифікації суб'єктів, рівень якості зображення, вплив фокусної відстані на розпізнавання суб'єкта, процеси виявлення обличч із загальної сцени за методом Віоли-Джонса та ідентифікація обличч оператором LBP.

За результатами опрацювання аналітичних залежностей визначення основних технічних параметрів відеокамери отримано рівняння (2.5), за яким можна встановити необхідну відстань до відеокамери від потрібної сцени, де кількість пікселів сцени буде становити необхідне нормоване значення в 250 пік/м стосовно оперативної задачі ідентифікації.

Виявлення обличч із загальної сцени за методом Віоли-Джонса передбачає опрацювання потоку зображень у реальному часі та виділення основних цифрових ознак і їх каскадну класифікацію.

Виділення цифрових ознак необхідне для того, щоб здійснювати подальші дії з цими даними. Для цього застосовують інтегральний спосіб представлення зображення.

Застосування ознак Хаара в методі Віоли-Джонса дозволяє сформувати каскадний класифікатор, суть якого полягає у поступовому збільшенні

кількості застосованих примітивів, що призводить до збільшення швидкості функціонування алгоритму.

Швидкість сканування зображень залежить від розміру кроку «вікна сканування», який характеризується кількістю пікселів його зміщення. Переважно крок зміщення «вікна сканування» є постійний і визначається на стадії компіляції, а це означає, що величина зміщення вікна не залежить від змісту зображення.

Опис зображення у просторі ознак LBP здійснюється гістограмою, стовбці якої відповідають десятковим значенням бінарних кодів шаблонів. Зображення поділяється на ділянки, які у подальшому об'єднуються і формують повний його опис.

Об'єднана гістограма фрагментів обличчя порівнюється з кожною з еталонних гістограм, наявних у базі даних, і на підставі цього порівняння здійснюється ідентифікація суб'єкта.

3. ОБЧИСЛЮВАЛЬНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ

3.1 Обчислення технічних параметрів відеокамери

Обчислення зміни лінійного поля зору від фокусної відстані об'єктива проведено стосовно матриці 1/2" з фокусною відстанню 12, 16 і 20 мм. Відстань до сцени спостереження задавали від 5 до 100 м, з кроком в 5 м.

Вплив фокусної відстані та відстані до сцени спостереження здійснено за формулою (2.1).

За результатами проведених обчислення зміни лінійного поля зору стосовно 1/2" матриці за різних фокусних відстаней об'єктивів відеокамери та відстані до сцени спостереження отримано відповідні графічні залежності, які подано на рис. 3.1, а впливу на лінійне поле зору формату матриць – на рис. 3.2.

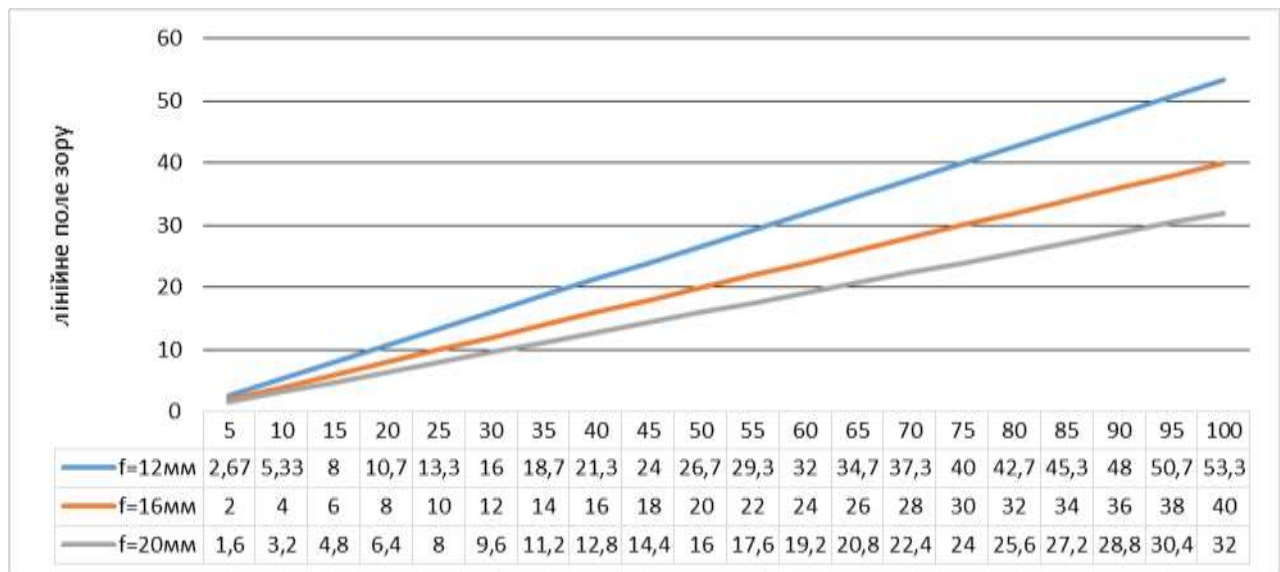


Рисунок 3.1 – Залежність зміни лінійного поля зору від фокусної відстані об'єктива для матриці 1/2"

З поданих графічних залежностей видно, що збільшення фокусної відстані та зменшення формату матриці призводить до зменшення поля зору і відповідно збільшення просторової роздільної здатності.

Обчислення зміни просторової роздільної здатності обрано фокусну відстань об'єктива 12 мм і розмір матриці 1/2". Крок зміни роздільної здатності матриці приймали в 5 Мп, починаючи з цього значення, у діапазоні від 5 до 30 Мп, а відстань до потенційного об'єкта спостереження у межах від 5 до 100 м з кроком 5 м.

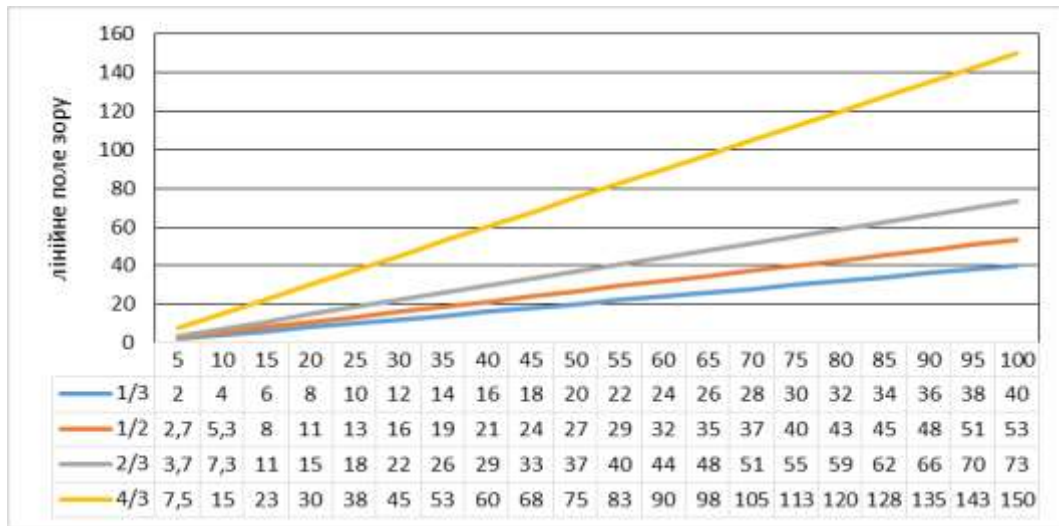


Рисунок 3.2 – Залежність лінійного поля зору від розміру матриці відеокамери при фокусній відстані 12 мм об'єктива

Результати розрахунків зміни просторової роздільної здатності подано в таблиці 3.1, а отримані відповідні графічні залежності на рисунку 3.3.

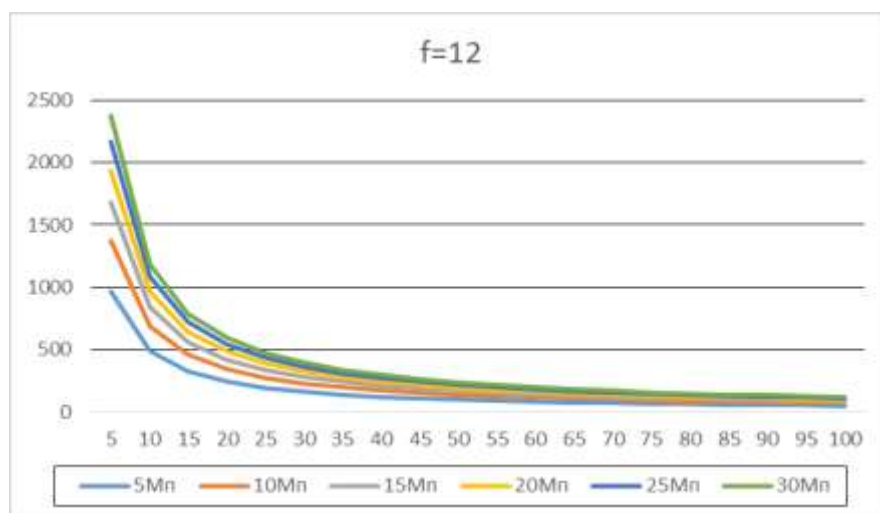


Рисунок 3.3 – Залежність просторової роздільної здатності

Таблиця 3.1 – Результати обчислення просторової щільності стосовно матриці формату 4:3 розміром 1/2” та $f=12$ мм

Роздільна здатність матриці n_m , Мп	5	10	15	20	25	30
Кількість пікселів $n_{ш}$, шт	2581	3651	4472	5163	5773	6324
Відстань до об'єкта L , м						
5	968	1369	1677	1936	2165	2371
10	484	684	838	968	1082	1185
15	322	456	559	645	721	790
20	242	342	419	484	541	592
25	193	273	335	387	433	474
30	161	228	279	322	360	395
35	138	195	239	276	309	338
40	121	171	209	242	270,	296
45	107	152	186	215	240	263
50	96	136	167	193	216	237
55	88	124	152	176	196	215
60	80	114	139	161	180	197
65	74	105	129	148	166	182
70	69	97	119	138	154	169
75	64	91	111	129	144	158
80	60	85	104	121	135	148
85	56	80	98	113	127	139
90	53	76	93	107	120	131
95	50	72	88	101	113	124
100	48	68	83	96	108	118

3.2 Результати обчислення впливу фокусної відстані на ймовірності розпізнавання

Обчислення фокусної відстані об'єктива відеокамери здійснено стосовно найбільш поширеної на даний час роздільної здатності у 2 Мп камери. Розмір об'єкта приймали шириною 20 см, а відстань до нього задавали від 10 до 100 м, з кроком в 10 м.

Вплив ймовірності розпізнавання об'єкта спостереження на фокусну відстань здійснювали за формулою (2.12).

Результати обчислення подано в тал. 3.2.

Таблиця 3.2 – Значення фокусної відстані залежно від рівня ймовірності розпізнавання та відстані

Відстань L , м	$P=0,5$	$P=0,8$	$P=0,9$	$P=0,99$	$P=0,999$	$P=0,9999$
10	1,9	2,7	3,1	4,1	4,9	5,6
20	3,9	5,4	6,2	8,3	9,8	11,2
30	5,9	8,1	9,3	12,4	14,7	16,7
40	7,9	10,8	12,4	16,4	19,7	22,3
50	9,9	13,5	15,5	20,7	24,6	27,9
60	11,9	16,2	18,6	24,8	29,5	33,5
70	13,9	18,9	21,7	28,9	34,4	39,0
80	15,9	21,6	24,8	33,0	39,3	44,6
90	17,9	24,3	27,9	37,2	44,2	50,2
100	19,8	27,0	31,1	41,3	49,2	55,8

Результати обчислення за (2.12), подані у таблиці 3.2, показали, що підвищення вимог до ймовірності виявлення об'єкта потребує застосування більшої фокусної відстані об'єктива. Це пояснюється теорією зміни

просторової щільності пікселів, згідно якої – звуження лінійного поля зору камери призведе до збільшення концентрації пікселів на одиницю його ширини. Отримані за (2.12) розрахункові значення фокусної відстані об'єктива, стосовно конкретної камери і поставленого завдання ймовірності виявлення об'єкта, потрібно округлювати до найближчого більшого значення існуючого ряду фокусних відстаней.

У табл. 3.3 подано результати розрахунку залежності фокусної відстані об'єктива від розміру об'єкта розпізнавання і відстані до нього за ймовірності розпізнавання $P=0,999$, яке відповідає впевненому розпізнаванню.

Таблиця 3.3 – Значення фокусної відстані залежно від розміру об'єкта розпізнавання і відстані за $P=0,999$

Відстань L , м	$W=0,2$ м	$W=0,5$ м	$W=1$ м	$W=3$ м	$W=5$ м
10	6,2	2.5	1.2	0.4	0.2
20	12.3	4.9	2.5	0.8	0.5
30	18.5	7.4	3.7	1.2	0.74
40	24.7	9.9	4.9	1.6	1.0
50	30.8	12.3	6.2	2.0	1.2
60	37.0	14.8	7.4	2.5	1.5
70	43.1	17.3	8.6	2.9	1.7
80	49.3	19.7	9.9	3.3	2.0
90	55.5	22.2	11.1	3.7	2.2
100	61.6	24.7	12.3	4.1	2.5

Аналіз результатів обчислення залежності фокусної відстані від розміру об'єкта і відстані до нього за сталих ймовірності розпізнавання і роздільної здатності показав, що для впевненого розпізнавання очікуваних об'єктів меншого розміру потрібна більша фокусна відстань і чим далі від камери цей об'єкт планується виявляти тим більше значення фокусної відстані необхідне.

3.3 Опис та реалізація алгоритму

Ідентифікація конкретного суб'єкта в режимі реального часу потребує створення бази його фотографій. Після чого її потрібно перевести у відповідний формат, щоб алгоритм зміг порівняти наявну базу із кадрами, що надходять з відеокамери. По завершенню роботи алгоритм має проінформувати користувача про те, хто перебуває у кадрі.

Таким чином, реалізація цього завдання потребує розбити на кілька алгоритмів, що працюють окремо та виконують кожен своє завдання.

Реалізація поставленого завдання здійснено за допомогою наступних засобів: бібліотеки OpenCV, мови програмування Python та середовища розробки PyCharm.

3.3.1 Алгоритм виявлення обличчя в кадрі

На рисунку 3.4 подано алгоритм виявлення (розпізнання) обличчя у режимі реального часу.

```
import numpy as np
import cv2
faceCascade =
cv2.CascadeClassifier('Cascades/haarcascade_frontalface_default.xml')
cap = cv2.VideoCapture(0)
cap.set(3,640)
cap.set(4,480)
while True:
    ret, img = cap.read()
    gray = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
    faces = faceCascade.detectMultiScale(
        gray,
        scaleFactor=1.2,
        minNeighbors=5,
        minSize=(20, 20)
    )
    for (x,y,w,h) in faces:
        cv2.rectangle(img, (x,y), (x+w,y+h), (255,0,0), 2)
        roi_gray = gray[y:y+h, x:x+w]
        roi_color = img[y:y+h, x:x+w]
    cv2.imshow('video',img)
    k = cv2.waitKey(30) & 0xff
    if k == 27:
        break
cap.release()
cv2.destroyAllWindows()
```

Рисунок 3.4 – Етап виявлення обличчя

Після імпорту `_numpy` та `_cv`, потрібно імпортувати `_xml` файл із позитивними та негативними прикладами обличь. На початку алгоритм вимагає багато позитивних зображень (зображень обличь) та негативних зображень (зображень без обличь) для навчання класифікатора. Потім потрібно «витягти» з нього функції.

Щоб алгоритм запускався неодноразово потрібно задати цикл без умови виходу.

Змінна `img` приймає картинку з роздільною здатністю 640x480, з якою працюватиме алгоритм. У чорно-білому форматі програми простіше розпізнати обличчя, оскільки алгоритм, що працює за ознаками Хаара, з більшою точністю може знайти різкий розрив відтінків, `_gray` все та ж картинка `_img`, але чорно-біла.

Створюючи функцію класифікатора, можна задати параметри визначення обличь та спростити завдання алгоритму.

Параметр `scaleFactor` – параметр масштабу, що визначає розмір зображення стосовно кожної шкали зображення.

Таким чином можна створити масштабовану піраміду. Якщо вказано параметр `scaleFactor=1.2` (див. рис. 3.4) то це означає що базове зображення буде змінено по відношенню до нового на 20%, але не один раз. Масштабована піраміда являє собою набір одного і того ж зображення, але різних розмірів.

Параметр `minNeighbors` – мінімальна кількість сусідів (у нашому випадку `minNeighbors=5`). Чим вищий цей параметр, тим точніше алгоритм виявляє (розпізнає) обличчя.

Параметр `minSize` – це мінімальний розмір зображення, яке може бути прийняте за обличчя. Чим менше значення цього параметра, тим частіше алгоритм буде спрацювати.

Цикл `_for` формує прямокутник навколо виявленого обличчя.

Робота з розширеним каскадом слабких класифікаторів включає два основних етапи: етап навчання і етап виявлення.

Підготовка даних тренінгу полягає в наступному. Для навчання посиленого каскаду слабких класифікаторів потрібен набір позитивних вибірок (містять реальні об'єкти, які потрібно виявити) і набір негативних зображень (містять все, що не потрібно виявляти). Набір негативних зразків підготовлюється вручну, а набір позитивних зразків в OpenCV створюється за допомогою утиліти `opencv_createsamples`.

Негативні зразки взяті з довільних зображень, які не містять обличь, повинні бути перераховані у спеціальному файлі негативних зображень, що містить один шлях зображення на рядок.

Описані зображення можуть бути різними за розмірами. Але, кожне зображення повинно відповідати або бути більшим за необхідний розмір вікна навчання (середній розмір обличчя).

Позитивні зразки, що створюються в OpenCV за допомогою утиліти `opencv_createsamples`, використовуються процесом підвищення, щоб визначити, що саме повинна шукати модель, намагаючись знайти об'єкти пошуку. Програма підтримує два способи створення набору даних позитивного зразка:

- генерування багатьох позитивів із одного зображення позитивного об'єкта;
- надання всіх позитивних результатів самостійно з використанням інструменту їх «вирізання», зміною їх розміру і розташування у необхідний двійковий формат OpenCV.

У випадку застосування першого способу потрібно звертати увагу на наступне:

- потрібно більш, ніж одне позитивне зображення, перш ніж передати його в зазначену утиліту;
- надійна модель потребує взяття зразків, які охоплюють широкий спектр різновидів, які можуть зустрічатися у даному класі об'єктів (наприклад, у випадку обличчя враховувати різні раси та вікові групи, емоції і форми бороди).

Перший підхід передбачає, що на основі відображення одного обличчя потрібно створити набір позитивних зразків шляхом довільної зміни його

положення, зміни інтенсивності зображення, а також розміщення на різних фонах. Кількість і діапазон довільності можуть контролюватись аргументами командного рядка утиліти `opencv_createsamples`.

Аргументи командного рядка:

- `vec <vec_filename>`: назва вихідного файлу, що містить позитивні зразки для навчання;
- `img <image_file_name>`: вихідне зображення об'єкта (обличчя);
- `bg <background_file_name>`: файл опису фону (містить список зображень, які використовуються як фон при довільній зміні ракурсу (положення) обличчя);
- `num <number_of_samples>`: кількість позитивних зразків для генерації;
- `bgcolor <background_color>`: колір фону (зображення у відтінках сірого);
- `inv`: інвертування кольорів;
- `randinv`: інвертування кольорів випадковим чином;
- `maxidev <max_intensity_deviation>`: максимальне відхилення інтенсивності пікселів у зразках переднього плану;
- `maxxangle <max_x_rotation_angle>`: максимальний кут повороту в радіанах стосовно осі X;
- `maxyangle <max_y_rotation_angle>`: максимальний кут повороту в радіанах стосовно осі Y;
- `maxzangle <max_z_rotation_angle>`: максимальний кут повороту в радіанах стосовно осі Z;
- `show`: опція налагодження, яка показує кожен зразок (натискання Esc продовжить процес створення семплів, не показуючи кожен семпл);
- `w <sample_width>`: ширина (у пікселях) вихідних вибірок;
- `h <sample_height>`: висота (у пікселях) вихідних вибірок.

Під час виконання `opencv_createsamples` вихідне зображення повертається випадково навколо всіх трьох осей. Вибраний кут обмежений `_maxxangle`, `_maxyangle` і `-maxzangle`. Потім пікселі, що мають інтенсивність від `bg_color - bg_color_threshold` до `bg_color + bg_color_threshold` інтерпретується як

прозорий. Білий шум додається до інтенсивності переднього плану. Якщо вказано `_inv`, то інтенсивність пікселів переднього плану інвертується. Якщо ж `_randinv` – алгоритм випадковим чином вибирає, чи слід застосовувати інверсію до цього зразка. По завершенню отримане зображення поміщається на довільне тло з файлу опису тла зі зміною розміру до потрібного та зберігається у вес-файлі, який зазначено параметром `_вес` командного рядка.

Позитивні зразки також можуть бути отримані з колекції раніше розмічених зображень. Ця колекція описується текстовим файлом, який є схожим на файл опису фону. Кожен рядок цього файлу відповідає зображенню. Першим елементом рядка є назва файлу, за яким йде число анотацій об'єктів та числа, які описують координати об'єктів.

3.3.2 Алгоритм створення бази даних обличь

Щоб ідентифікувати обличчя, спочатку потрібно створити базу даних обличь, алгоритм якої висвітлено нижче (див. рис. 3.5).

```
import cv2
import os

cam = cv2.VideoCapture(0)
cam.set(3, 640)
cam.set(4, 480)

face_detector =
cv2.CascadeClassifier('Cascades/haarcascade_frontalface_default.xml')

face_id = input('\n Введіть ідентифікатор, под номером якогось буде означена
база ')

print("\n Сподивіться в камеру і ждьте, поки програма буде завершена")

count = 0

while(True):
    ret, img = cam.read()
    gray = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
    faces = face_detector.detectMultiScale(gray, 1.3, 5)

    for (x,y,w,h) in faces:
        cv2.rectangle(img, (x,y), (x+w,y+h), (255,0,0), 2)
        count += 1

        cv2.imwrite("dataset/User." + str(face_id) + '.' + str(count) +
".jpg", gray[y:y+h,x:x+w])

        cv2.imshow('image', img)

    k = cv2.waitKey(100) & 0xFF
    if k == 27:
        break
    elif count >= 30:
        break

print("\n Програма завершена")
cam.release()
cv2.destroyAllWindows()
```

Рисунок 3.5 – Алгоритм створення бази даних обличь

Користувач повинен ввести ідентифікатор, під номером якого буде збережено 30 зображень обличчя з різного ракурсу. Завдяки цим зображенням у подальшому програма зможе розпізнавати конкретного суб'єкта.

Кожного разу, розпізнавши обличчя, алгоритм збереже зображення як User.face_id.count.jpg, де користувач вводить face_id самостійно, а _count – номер зробленого зображення. Як тільки цей алгоритм зафіксує 30 зображень, він завершить роботу.

По завершенню роботи алгоритму буде створена база даних зображень обличчя потрібного суб'єкта.

3.3.3 Навчання розпізнавача LBPН

Алгоритм перекодування бази даних осіб у файл yml. recognizer = cv2.face.LBPHFaceRecognizer_create() подано на рисунку 3.6.

В якості розпізнавача використовується LBPН.

```
import cv2
import numpy as np
from PIL import Image
import os

path = 'dataset'

recognizer = cv2.face.LBPHFaceRecognizer_create()
detector = cv2.CascadeClassifier("haarcascade_frontalface_default.xml");

def getImagesAndLabels(path):

    imagePaths = [os.path.join(path,f) for f in os.listdir(path)]
    faceSamples=[]
    ids = []

    for imagePath in imagePaths:

        PIL_img = Image.open(imagePath).convert('L') # convert it to gray-
scale
        img_numpy = np.array(PIL_img,'uint8')

        id = int(os.path.split(imagePath)[-1].split(".")[1])
        faces = detector.detectMultiScale(img_numpy)

        for (x,y,w,h) in faces:
            faceSamples.append(img_numpy[y:y+h,x:x+w])
            ids.append(id)

    return faceSamples,ids

print ("\n Дождитесь обработки")
faces,ids = getImagesAndLabels(path)
recognizer.train(faces, np.array(ids))

recognizer.write('trainer/trainer.yml')
print ("\n Программа завершена".format(len(np.unique(ids))))
```

Рисунок 3.6 – Передача даних до блоку розпізнавання

Функція `getImagesAndLabels (path)` прийматиме всі відображення суб'єкта в каталозі: «dataset /», повертаючи 2 масиви: «Ідентифікатори (Ids)» та «Обличчя (Faces)». З цими масивами, які виступають в якості вхідних даних, буде здійснено навчання блоку розпізнавання.

В результаті файл з назвою `trainer.yml` буде збережено в каталозі тренера, який був раніше створений.

3.3.4 Ідентифікація обличчя суб'єкта

Алгоритм ідентифікації обличчя суб'єкта, зображення якого занесене до бази даних, подано на рисунку 3.7.

```
import cv2
import numpy as np
import os

recognizer = cv2.face.LBPHFaceRecognizer_create()
recognizer.read('trainer/trainer.yml')
cascadePath = "haarcascade_frontalface_default.xml"
faceCascade = cv2.CascadeClassifier(cascadePath);

font = cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX
id = 0

# names related to ids: example ==> Marcelo: id=1, etc
names = ['None', 'Artem', 'Popka', 'Z', 'W']

cam = cv2.VideoCapture(0)
cam.set(3, 640) # set video width
cam.set(4, 480) # set video height

minW = 0.1 * cam.get(3)
minH = 0.1 * cam.get(4)

while True:
    ret, img = cam.read()
    gray = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)

    faces = faceCascade.detectMultiScale(
        gray,
        scaleFactor=1.2,
        minNeighbors=5,
        minSize=(int(minW), int(minH)),
    )

    for (x, y, w, h) in faces:
        cv2.rectangle(img, (x, y), (x + w, y + h), (0, 255, 0), 2)
        id, confidence = recognizer.predict(gray[y:y + h, x:x + w])

        # Процент уверенности
        if (confidence < 100):
            id = names[id]
            confidence = " (0)%".format(round(100 - confidence))
        else:
            id = "unknown"
            confidence = " (0)%".format(round(100 - confidence))

        cv2.putText(img, str(id), (x + 5, y - 5), font, 1, (255, 255, 255),
2)
        cv2.putText(img, str(confidence), (x + 5, y + h - 5), font, 1, (255,
255, 0), 1)

    cv2.imshow('camera', img)

    k = cv2.waitKey(10) & 0xff    if k == 27:
        break

print("\n Програма завершена")
cam.release()
```

Рисунок 3.7 – Алгоритм ідентифікації обличчя

Функція `recognizer.predict ()` приймає в якості параметра захоплену частину обличчя, яка підлягає аналізу, і видає інформацію про його ймовірного власника. При цьому вказується його ідентифікатор та ступінь впевненості ідентифікації цього збігу.

Даний алгоритм ступінь впевненості подає у вигляді значення похибки, яка може приймати значення в межах від 0% до 100%.

3.4 Висновок до третього розділу

В третьому розділі кваліфікаційної роботи подано результати експериментальних обчислень технічних параметрів відеокамери, які впливають на ідентифікацію суб'єктів, наведено відповідні графічні залежності та здійснено опис і реалізацію алгоритму ідентифікації обличчя інформаційної системи CCTV.

Аналіз отриманих графічних залежностей показав, що збільшення фокусної відстані та зменшення формату матриці призводить до зменшення поля зору і відповідно збільшення просторової роздільної здатності.

Встановлено, що підвищення вимог до ймовірності виявлення об'єкта потребує застосування більшої фокусної відстані об'єктива. Це пояснюється теорією зміни просторової щільності пікселів, згідно якої – звуження лінійного поля зору камери призведе до збільшення концентрації пікселів на одиницю його ширини.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Небезпечні й шкідливі фактори при виконанні робіт з монтування системи CCTV

Тема кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Магістр» присвячена апаратно-програмній реалізації ідентифікації обличчя в інформаційній системі CCTV, яка на апаратному рівні повинна формувати зображення сцени необхідної якості та виявляти, розпізнавати та ідентифікувати його на програмному рівні.

До апаратної частини CCTV, залежно від типу системи, можуть входити як пасивні так і активні сегменти. До активних, які потребують джерело електричного струму, належать: джерела резервного живлення, відеокамери, комутатори, маршрутизатори, реєстратори та відеосервери тощо.

За сприйняття та формування зображення сцени спостереження відповідають відеокамери, які можуть монтувати на стінах будівель, електроопорах, стовпах тощо. До цих технічних засобів подають електроживлення, що не перевищує 24 В, але на їх вході може бути адаптер живлення, до якого підведено 220 В.

Монтажні роботи відеокамер повинні здійснювати представники монтажних підрозділів, які займаються інсталяцією систем відеоспостереження та мають відповідний допуск до виконання висотних робіт та відповідний рівень допуску до електромонтажних робіт, а технічне обслуговування спеціально навчений персонал спеціалізованого підрозділу чи сервісного центру з відповідного напрямку.

Згідно існуючої класифікації небезпечних та шкідливих чинників за природою дії на людину [25] під час монтажних та діагностичних робіт можна наразитися на фізичні чинники.

У нашому випадку присутні небезпечні чинники фізичні чинники, до яких належить розташування робочого місця інсталювача системи на значній

висоті відносно поверхні землі/підлоги під час встановлення відеокамери чи комутаційної коробки та можливість враження електричним струмом напругою в 220 В.

Аналіз конструкції наявних відеокамер показав, що даний засіб не містить жодних елементів, які можуть заподіяти шкоду людині. Окрім цього, не становить небезпеку від ураження людини електричним струмом так як живиться від джерела постійного струму 24 В (що є менше за допустиму напругу живлення 42 В) і максимальний струм споживання в «нічному» режимі, коли до загального навантаження додається ще навантаження від матриці інфрачервоних діодів підсвічування, становить не більше 2 А.

У свою чергу, монтування всіх точок подачі 220 В мають здійснювати електромонтажники з відповідним рівнем допуску до цих робіт.

Розглянемо перший небезпечний виробничий чинник, який може призвести до травми під час встановлення та технічного обслуговування системи CCTV – висотні роботи. Згідно інсталяційних рекомендацій відеокамери потрібно встановлювати на висоті, яка унеможливить порушити її працездатність без спеціальних на те засобів. На зовні їх в основному встановлюють на висотах від 2,5 до 5 м, але в окремих випадках ця висота може сягати суттєво більших значень.

Під час висотних робіт можливий вплив наступних небезпечних чинників: руйнування конструкції (драбина, стрім'янка тощо), підвищене ковзання (внаслідок зволоження, замазлювання поверхонь драбини, стрім'янки тощо), недостатня освітленість робочого місця.

Забезпечення належної продуктивності праці під час ремонту чи обслуговування складових системи можливе при комфортних умов мікроклімату в приміщенні. У випадку недотримання потрібних норм мікроклімату знизиться працездатність працівника, що може призвести до небезпеки появи травм і низки професійних захворювань.

Сприятливі умови зорової роботи, пов'язані з пошуком у монтажній платі несправності, виключають втомлюваність очей, появи професійних

захворювань і покращать продуктивності та якості праці. Таким чином, засоби освітлення мають створювати на робочій поверхні такий рівень освітленості, який буде відповідати характеру зорової роботи і не буде меншим за встановлені норми.

4.2 Заходи забезпечення сприятливих (безпечних) умов праці

Оскільки, окремі елементи системи ССТV можуть встановлюватися на різних висотах (див. п.4.1 даної роботи), то роботи з монтування та технічного обслуговування їх на висоті більш як 5 м над рівнем землі/підлоги будуть належати до верхолазних, а для забезпечення безпечної умови праці та запобіганню падіння працівника потребують застосування спеціального індивідуального захисту.

До засобів захисту від падіння з висоти належать:

- пояси запобіжні;
- захисні каски;
- страхувальні канати;
- запобіжні верхолазні пристрої;
- уловлювачі з вертикальним канатом;
- верхолазне спорядження, яке використовують разом із вказаними засобами захисту.

В Україні найпоширеніші запобіжні пояси типу ПБ (безлямковий) та ПЛ (лямковий) (див. рис. 4.1).

Працівники, які вперше були допущені до висотних робіт, повинні не мати протипоказань до виконання робіт на висоті та протягом одного року мають виконувати свої висотні роботи під безпосереднім наглядом досвідчених фахівців, яких призначають спеціальним розпорядженням сервісної організації.

З метою захисту від небезпечних чинників робітник має бути забезпечений спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами індивідуального захисту.



Рисунок 4.1 – Запобіжні пояси: а) – безлямковий; б) - лямковий

Організація робочого місця на місці встановленні/демонтажі елементів системи повинна забезпечити стійке положення засобу розташування робітника на висоті (драбини/стрім'янки), щоб унеможливити його втрати рівноваги.

Особистий монтажний інструмент повинен зберігатися у спеціальних навісних сумках.

Як було зазначено вище, один з чинників, який впливає на раціональну організацію робочого місця працівника під час ремонту складових системи є мікроклімат виробничого приміщення.

Мікроклімат виробничого приміщення характеризує умови його внутрішнього середовища, які впливають на тепловий обмін працівників з оточенням і визначає тепловий стан організму людини в процесі виконання своїх обов'язків.

Мікрокліматичні умови виробничого приміщення характеризує низка чинників: температура і відносна вологість повітря, температура поверхонь, які оточують працівників, інтенсивність теплового випромінювання та швидкість руху повітря.

Санітарно-гігієнічне нормування умов мікроклімату здійснено згідно з ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» [26] та ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони» [27], які визначають параметри мікроклімату залежно від

загальних енерговитрат організму людини під час виконання робіт, згідно з категоріями робіт за ступенем важкості та періоду календарного року.

Оптимальні мікрокліматичні умови поєднують параметри мікроклімату, які за умови тривалого та систематичного впливу на робітника забезпечують зберігання нормального теплового стану його організму без активізації механізмів терморегуляції.

У відповідності до нормативних даних [26], що до мікроклімату, приміщення де здійснюються роботи з технічного обслуговування і ремонту складових системи відноситься до характеру робіт, що виконуються сидячи, стоячи або пов'язані з ходінням, та супроводжуються деяким фізичним навантаженням. При цьому загальні енерговитрати організму людини становлять від 141 до 175 Вт, що відповідає відповідно від 121 до 150 ккал/год і належать до легких робіт категорії 1б. Таким приміщенням відповідають наступні оптимальні значення: у теплий період року – температура повітря від 22 до 24°C, відносна вологість повітря від 60 до 40%, швидкість руху повітря до 0,2 м/с; у холодний період відповідно – від 21 до 23°C, від 60 до 40% і 0,1 м/с. Температура внутрішніх поверхонь робочої зони (стіни, підлога, стеля) і технологічного обладнання не повинна виходити більш ніж на 2°C за межі оптимальних температур повітря для даної категорії робіт. Вище наведені параметри забезпечать відчуття комфорту та створять передумови для високого рівня працездатності.

На практиці ж зустрічається відхилення від встановлених оптимальних значень вище згаданих параметрів, але ці відхилення не повинні перевищувати допустимі значення. Допустимі мікрокліматичні умови поєднують у собі параметри мікроклімату, які за тривалого та систематичного їх впливу на людину можуть призвести до зміни теплового стану організму працівника, що швидко минають і нормалізуються та супроводжуються напруженням механізмів терморегуляції в межах фізіологічної адаптації.

Допустимими величинами параметрів мікроклімату є наступні: у теплий період року – температура на постійних робочих місцях може перебувати в

межах від 21 до 28°C, на непостійному робочому місці в межах від 19 до 30°C, відносна вологість на робочому місці за температури повітря 27°C не повинна перевищувати 60%, а швидкість руху повітря повинна бути в межах від 0,3 до 0,1 м/с; у холодний ж період року – температура на постійних робочих місцях може перебувати в межах від 20 до 24°C, на непостійному робочому місці в межах від 17 до 25°C, відносна вологість на робочому місці не повинна перевищувати 75%, а швидкість руху повітря має бути до 0,2 м/с. Такі умови праці не викликають ушкоджень або порушень стану здоров'я, але можуть спричиняти дискомфортні тепловідчуття, погіршення самопочуття та зниження працездатності.

Вимірювання параметрів мікроклімату здійснюється за допомогою таких приладів як: термометра, психрометра, анемометра, актинометра.

Нормалізація мікрокліматичних умов повинна здійснюватися за допомогою комплексу технічних та організаційних заходів та засобів: будівельно-планувальних, організаційно-технологічних та інших.

Навколишнє повітря робочого середовища є найважливішим фактором здоров'я людини і має визначені фізичні і хімічні властивості.

Фізичні властивості можуть бути представлені іонним складом. Нормативні дані, що до оздоровлення повітряного середовища виробничого приміщення подано в табл.4.1.

Таблиця 4.1– Допустимий вміст легких іонів у повітрі робочої зони

Рівень іонізації повітря	Кількість іонів в 1 см ³ повітря		Показник полярності π
	n ⁺	n ⁻	
Мінімально необхідний	400	600	-0,2
Оптимальний	1000-3000	3000-5000	-0,67-0
Максимальний	50000	50000	-0,05-+0,05

Найважливішим показником якості повітря є його хімічний склад, обумовлений природним складом і різними забрудненнями. Гігієнічне нормування шкідливих речовин визначено у нормативному документі ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони».

У процесі роботи з технічного обслуговування і ремонту складових системи ССТV повітря у виробничому приміщенні може містити окис вуглецю, неорганічний пил і свинець, гранично допустима концентрація яких не повинна перевищувати відповідно $1,0 \text{ мг/м}^3$, $0,05 \text{ мг/м}^3$ і $0,003 \text{ мг/м}^3$.

Для визначення концентрації шкідливих речовин у повітрі застосовуються спеціальні методи хімічного аналізу, що складаються з відбору проб повітря і подальших хімічних досліджень.

Технічне обслуговування і ремонт приладу здійснюється кваліфікованим персоналом. Під час проведення ремонту є обов'язковим дотримання персоналом правил техніки безпеки, які регламентуються відповідними інструкціями з техніки безпеки та інструкціями з виконання окремих робіт.

Перевірка персоналу на знання положень цих інструкцій виконується щоквартально і кожен раз уразі зміни умов праці.

4.3 Пожежна профілактика

Виникнення пожежі призводить до зміни характеристик навколишнього середовища, які обумовлені джерелом загорання з можливим подальшим виникненням конвективних теплових потоків, що прямуватимуть від нього. До характеристик зміни навколишнього середовища слід віднести підвищення температури навколишнього середовища, димоутворення і самі продукти горіння, а також інфрачервоного випромінювання полум'я, що пришвидшує нагрівання навколишніх поверхонь з подальшим їх загоранням.

За відношенням до горіння всі речовини, згідно з існуючою класифікацією, поділяють на негорючі, складногорючі та горючі (тверді, рідкі, газоподібні, дисперсні речовини).

Наведена класифікація носить умовний характер, так як, в залежності від умов, одні і ті ж речовини можуть бути як горючими, так і негорючими, а негорючі речовини, в свою чергу, можуть бути пожежовибухонебезпечними.

Загорання може виникнути внаслідок зовнішнього нагрівання матеріалу в окислювальному середовищі, а також за рахунок енергії хімічних реакцій за відсутності зовнішнього підігрівання.

Розрізняють три стадії горіння.

Якщо умови горіння такі, що вся енергія, яка виділяється, йде тільки на підтримку окислення з однією і тією ж інтенсивністю і в певному інтервалі температур, недостатньому для газифікації горючих речовин, то такий процес називають тлінням. Тління характерне тільки для твердих горючих речовин.

Якщо ж умови горіння відповідають таким, що кількість теплоти, яка виділяється, перевищує витрати на підтримку окислення, то це призведе до прискорення окислення та подальшої газифікації пального речовин і вступу в іншу фазу горіння – полум'яного горіння.

Полум'я – це видима зона горіння, якій характерне свічення і випромінювання тепла, що виникла внаслідок запалення або самоспалахування (у подальшому воно стає джерелом потоку тепла і хімічно активних часток в прилеглі шари свіжих горючих матеріалів чи суміші).

За дуже високої швидкості окислення настає третя стадія горіння – вибух (детонація), викликаний (викликана) механічним чи тепловим впливом (удар, іскра тощо). Перехід від стадії полум'яного горіння до вибуху, в основному, характерний для горючих газів та ЛЗР, але може і супроводжувати процес окислення ТГР, наприклад, пороху.

Таким чином, пожежа – неконтрольоване горіння полум'я, яке поширюється з часом в просторі та створює загрозу життю та здоров'ю

оточуючих та навколишньому середовищу і призводить до матеріальних збитків.

У свою чергу, пожежна профілактика – комплекс заходів (конструктивних, організаційних та технічних), спрямованих на підтримання безпеки оточуючих, попередження утворення пожеж, локалізація та створення належних умов для їх ліквідації.

Пожежна профілактика організаційного характеру передбачає навчання персоналу правилам пожежної безпеки, обґрунтоване розташування засобів виявлення джерел займання і їх пожежогасіння та пожежний нагляд.

Одним з видів пожежного захисту є встановлення системи пожежної сигналізації, пожежогасіння та системи оповіщення про пожежу та управління евакуацією людей.

На практиці ж всі працівники повинні пройти навчання з пожежної безпеки, яке передбачає знання норм і правил, зазначених в інструкції з пожежної безпеки, вміння використовувати засоби пожежогасіння та знання послідовності своїх дій вразі виникнення пожежі.

В якості засобів пожежогасіння устаткування, що знаходиться під напругою, приміщення повинні бути оснащені вуглекислотними вогнегасниками типу ОУ-5, ОУ-3, ОУ-8 чи порошковими марок ОП-1, ОП-250 тощо.

4.4 Висновки до четвертого розділу

Доцільність розгляду охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях у випускній кваліфікаційній роботі пояснюється актуальністю даного питання, яке полягає в тому, що вирішення його дозволить показати рівень підготовки випускника до своєї подальшої практичної діяльності та усвідомленого вживання відповідних заходів для забезпечення сприятливих умов праці.

За розділом зроблено наступні висновки:

1. Роботи з монтажу та технічного обслуговування складових системи CCTV, що здійснюються безпосередньо на місці їх встановлення, на висотах понад 5 м належать до верхолазних і є потенційно небезпечні для працюючого та мають здійснюватися із дотриманням заходів і засобів, що зазначено у п. 4.2 даної роботи.

3. На продуктивність праці під час ремонту складових системи впливає мікроклімат виробничого приміщення, який повинен відповідати відповідним санітарним нормам, що регламентують такі нормативні документи як ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» та ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони».

Встановлені параметри мікроклімату виробничого приміщення відповідно до характеру робіт, які можуть здійснювати під час ремонту, подано у п.4.2 даної роботи.

4. Комплекс заходів, які спрямовані на забезпечення пожежної безпеки оточуючих і попередження утворення пожеж, локалізацію та створення належних умов для їх ліквідацію повинен включати конструктивні, організаційні та технічні рішення.

В якості первинних засобів пожежогасіння устаткування, яке перебуває під напругою, доцільно використовувати вуглекислотні вогнегасники типу ОУ-5, ОУ-3, ОУ-8 або порошкові марок ОП-1, ОП-250.

ВИСНОВКИ

В першому розділі кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Магістр»:

- проаналізовано процеси розпізнавання та ідентифікація обличчя суб'єкта людиною;
- висвітлено існуючі шляхи реалізації ідентифікації обличчя в інформаційних системах CCTV;
- розглянуто існуючі підходи реалізації ідентифікації обличчя в інформаційній системі CCTV на програмному рівні;
- подано результати аналізу основних методів розпізнавання групи «кластерних» підходів;
- описані основні вимоги та правила розташування відеокамер при вирішенні оперативної задачі ідентифікації суб'єкта.

В другому розділі кваліфікаційної роботи:

- подано аналітичні залежності для визначення необхідних технічних параметрів відеокамери;
- описано вплив фокусної відстані на рівень ймовірності розпізнавання суб'єкта;
- пояснена процедури виявлення обличчя із загальної сцени за методом Віоли-Джонса та їх ідентифікація оператором LBP.

В третьому розділі кваліфікаційної роботи:

- подано результати обчислення необхідних технічних параметрів відеокамери та впливу фокусної відстані на ймовірності розпізнавання суб'єкта;
- наведено опис та реалізацію алгоритмів виявлення обличчя в кадрі, створення бази даних обличчя, навчання розпізнавача LBPН та ідентифікації обличчя суб'єкта.

У розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» проаналізовано небезпечні й шкідливі фактори при виконанні робіт з монтування системи CCTV, визначено заходи забезпечення сприятливих (безпечних) умов праці та пожежної профілактики.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ

1. Карпенко Н.А. Механізми міжособистісного сприймання // Науковий вісник Львівського державного університету внутрішніх справ. – Львів, 2011. №2. – С. 15-28. [Електронний ресурс]. URL:<http://dspace.lvduvs.edu.ua/handle/1234567890/1370>
2. Ярбус А.Л. Роль движений глаз в процессе зрения - Москва: Наука, 1965. – 173 с. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.twirpx.com/file/1767514/>
3. Барабанщиков В. А., Ананьева К. И., Харитонов В. Н. Организация движений глаз при восприятии изображений лица // Экспериментальная психология. Москва: МГППУ, 2009. Том 2, № 2. – С. 31-60. [Електронний ресурс]. URL: <https://lib.ipran.ru/upload/papers/13012125.pdf>
4. Ємельянова Т. В. Робочий простір пізнавального процесу як простір ментальних конструктів когнітивного механізму мислення // Наукові записки. Випуск 191. Серія: Педагогічні науки. – Кропивницький: РВВ ЦДПУ ім.В.Винниченка, 2020. – С. 74-77. [Електронний ресурс]. URL:<https://pednauk.cuspu.edu.ua/index.php/pednauk/article/view/674>
5. Основні біометричні характеристики, сучасні системи та технології біометричної аутентифікації. Валеріян Швець, Андрій Фесенко // Ukrainian Scientific Journal of Information Security, 2013, vol. 19, issue 2. С. 99-111. [Електронний ресурс]. URL: <https://jrnl.nau.edu.ua/index.php/Infosecurity/article/view/4882>
6. Viola P. , Jones M. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features // IEEE CVPR01. – 2001. – P. 511–518. [Електронний ресурс]. URL:[https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkozje\)\)/reference/referencespapers.aspx?referenceid=2961550](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkozje))/reference/referencespapers.aspx?referenceid=2961550)
7. W. Zhao, R. Chellappa, P. J. Phillips, A. Rosenfeld. Face recognition: A literature survey, Journal ACM Computing Surveys (CSUR), 2003, Volume 35, Issue 4, pp. 399 – 458. [Електронний ресурс]. URL:https://inc.ucsd.edu/mplab/users/marni/Igert/Zhao_2003.pdf

8. H.V. Nguyen, L. Bai, L. Shen. Local Gabor Binary Pattern Whitened PCA: A Novel Approach for Face Recognition from Single Image Per Person // *Advances in Biometrics. Lecture Notes in Computer Science Volume 5558*, 2009, pp. 269 – 278. [Электронный ресурс].

URL:https://www.researchgate.net/publication/221383482_Local_Gabor_Binary_Pattern_Whitened_PCA_A_Novel_Approach_for_Face_Recognition_from_Single_Image_Per_Person

9. H.R. Kanana, K. Faez, Y. Gaob. Face recognition using adaptively weighted patch PZM array from a single exemplar image per person // *Pattern Recognition*, 2008, Volume 41, Issue 12, pp. 3799 – 3812. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0031320308002033?via%3Dihub>

10. S. Nikan, M. Ahmadi. Human face recognition under occlusion using LBP and entropy weighted voting // *2012 21st International Conference on Pattern Recognition (ICPR)*, 11-15 Nov. 2012, pp. 1699 – 1702.

11. T. Ahonen, A. Hadid, M. Pietikainen. Face Description with Local Binary Patterns: Application to Face Recognition // *Pattern Analysis and Machine*, 2006, Volume 28, Issue, 12, pp. 2037 – 2041. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkozje\)\)/reference/referencespapers.aspx?referenceid=2037884](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkozje))/reference/referencespapers.aspx?referenceid=2037884)

12. Moghaddam B. and Pentland A. Probabilistic Visual Learning for Object Representation. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 1997, Vol. 19, P. 696-710. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Probabilistic-Visual-Learning-for-Object-Moghaddam-Pentland/74b312560b79929540734067e58de46966b96130>

13. D. B. Graham and N. M. Allinson “Face recognition using virtual parametric eigenspace signatures,” *Image Processing and its Applications*, P. 106-110, 1997. [Электронный ресурс]. URL:<https://ieeexplore.ieee.org/document/615002>

14. Метод Виолы-Джонса для распознавания объектов на изображении. Тымчук А.И. // Информатика, вычислительная техника и управление. Серия: Естественные и технические науки №6 июнь 2017 г. Ростов на Дону ЮФУ. с. 63-68. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.nauteh-journal.ru/files/7a7d96c9-acd8-4936-819f-5607386faf51>

15. Терлецький Т.В., Ткачук А.А., Кайдик О.Л., Цебрук В.Р. Критерії вирішення оперативних задач світових стандартів інформаційних систем CCTV // Науковий журнал «Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво». – Луцьк, 2020. Випуск № 41. – С. 218-226.

16. BS 7958:2009 CCTV management and operation code of practice. [Электронный ресурс]. URL: https://infostore.saiglobal.com/en-us/Standards/BS-7958-2009-2009-263522_SAIG_BSI_BSI_609599/

17. EN 50132-7:2012. Alarm systems - CCTV surveillance systems for use in security applications - Part 7: Application guidelines. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.slideshare.net/malvvv/en-501327>

18. Учебный курс по проектированию видеонаблюдения: “Решение практических задач видеонаблюдения”. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.jvsg.com/uroki-videnabludeniya/>

19. Mark Peterson, VP Advanced Technology, Theia Technologies. How to calculate image resolution in rectilinear lenses. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.theiatech.com/support/white-papers-case-studies-editorials/how-to-calculate-image-resolution-in-rectilinear-lenses/>

20. Методика вероятностного анализа процесса наблюдения в цифровых телевизионных системах видимого диапазона / А.Л. Воробьев, Ю.П. Журик, А.М. Краснов, С.Н. Шашков // Труды МАИ, 2011, № 49. [Электронный ресурс]. URL: <http://trudymai.ru/upload/iblock/a8d/metodika-veroyatnostnogo-analiza-protssessa-nablyudeniya-v-tsifrovyykh-televizionnykh-sistemakh-vidimogo-diapazona.pdf?lang=ru&issue=49>.

21. Wang Haiyan, He Zhongshi, Huang Yongwen, Chen Dingding, Zhou Zexun. Bodhisattva head images modeling style recognition of Dazu Rock Carvings

based on deep convolutional network // Journal of Cultural Heritage. 2017. Vol. 27. P. 60-71. [Електронний ресурс]. URL: <https://en.x-mol.com/paper/article/1356405066352148480>

22. Taigman Y., Yang M., Ranzato M., Wolf L. Deepface: closing the gap to human-level performance in face verification // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2014. P. 1701-1708. [Електронний ресурс]. URL:

<https://www.bibsonomy.org/bibtex/25704a9ab4c0abe0c34b34b7d564b9401/seboettg>

23. Bledsoe W.W. Some Results on Multicategory Pattern Recognition // J. ACM. 1966. No.13. P. 304-316. [Електронний ресурс]. URL:

<https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/321328.321340>

24. П.П. Николаев, Г.И. Рожкова Анализ концепции А. Л. Ярбуса о роли слепой сетчатки в цветовосприятии // Сенсорные системы, 2017, том 31, № 2. - С. 114–136. [Електронний ресурс]. URL:

http://iitp.ru/upload/publications/7429/114136_.pdf

25. ГОСТ 12.0.003-2015. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Класифікація. Москва : ИПК Издательство стандартов. [Чинний від 2017-03-01]. (Міждержавний стандарт) [Електронний ресурс]. URL:

<https://docs.cntd.ru/document/1200136071>.

26. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. [Електронний ресурс]. URL:

<https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99#Text>.

27. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони. [Електронний ресурс]. URL:

http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=6264.

ДОДАТКИ

Тези конференції

1. Вплив роздільної здатності відеокамери на виконання критеріїв вирішення оперативних задач / Терлецький Т.В., Кайдик О.Л., Пташенчук В.В. // Матеріали XII міжнародної науково-практичної конференції: Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем. м. Чернігів, 2022. Том 2, – с.164-165.



Матеріали XII міжнародної науково-практичної конференції

«КОМПЛЕКСНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ТА СИСТЕМ»

Том 2

26 - 27 травня 2022 р.
 м. Чернігів

СЕКЦІЯ 8

ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ. КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ. КІБЕРБЕЗПЕКА. ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ.

- Zaritskyi O.V.** Structural model of human intelligence and the limits of artificial intelligence realization in information systems 159
National Aviation University, Kyiv
- Kuzovik V.D., Melnikov O.V., Bezvershniuk K.O.** Analysis of modern methods for estimating the brain level of brain tires of operators of extreme activities 161
National Aviation University, Kyiv
- Стригун В.В., Барвінок Р.Д., Білоус О.В., Павлюк Т.В.** Обґрунтування загальних вимог до телекомунікаційного обладнання радарних систем траєкторних вимірювань 163
ДНДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м. Чернігів
- Терлецький Т.В., Кайдик О.Л., Пташенчук В.В.** Вплив роздільної здатності відеокамери на виконання критеріїв вирішення оперативних задач 164
Луцький національний технічний університет, м. Луцьк
- Храшевський Р.В., Іванець О.Б., Горський О.М.** Особливості розробки математичної моделі прогнозування виникнення небезпечної події в авіації 166
Національний авіаційний університет, м. Київ
- Трофименко М.С.** Розробка колісного мобільного роботу 167
Національний авіаційний університет, м. Київ
- Корнісико І.В.¹, Руденко О.В.², Кравченко В.С.²** Автоматизація процесів розробки програм і методик випробування 169
¹*Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів*
²*ДНДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м. Чернігів*
- Корнісико І.В.¹, Камак Д.О.², Доманов І.О.²** Функціональна наповненість геоінформаційної компоненти інформаційної системи супроводження випробувань 170
¹*Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів*
²*ДНДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м. Чернігів*
- Пилипенко О.І., Кохан В.В., Вусатий Ю.П., Журахов О.В., Сиворакша Д.В.** Інформаційно-вимірювальні системи контролю відпрацювання втомного ресурсу вертольотних редукторів 171
ДНДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м. Чернігів
- Корнісико С.П.¹, Шевага В.В.², Казначей С.М.²** Етапність створення інформаційної системи супроводження випробувань 173
¹*Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів*
²*ДНДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м. Чернігів*
- Корнісико С.П.¹, Жирна О.В.², Телевна Т.П.²** Спосіб оцінювання пов'язаності інформаційних потоків у складних системах 174
¹*Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів*
²*ДНДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м. Чернігів*
- Артикула А.Г., Ветошкін О.Г., Феськов О.С.** Створення новітніх інформаційних технологій науково-технічного супроводження для автоматизованої системи управління випробуваннями озброєння та військової техніки 175
ДНДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м. Чернігів

УДК: 004.3+004.2+004.5

Терлецький Т.В., канд. техн. наук, доцент

Кайдик О.Л., канд. техн. наук, доцент

Пташенчук В.В., канд. техн. наук, доцент

Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, t.terletskiy@lntu.edu.ua

ВПЛИВ РОЗДІЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ ВІДЕОКАМЕРИ НА ВИКОНАННЯ КРИТЕРІЇВ ВИРІШЕННЯ ОПЕРАТИВНИХ ЗАДАЧ

Основним параметром, який впливає на процес ідентифікації, є ступінь деталізації зображення і залежить вона від чіткості відображення об'єкта спостереження.

З розвитком відеоспостереження і покращенням роздільної здатності зображення переглядали та вдосконалювали типи та вимоги до оперативних задач [1]. В 2013 році в ЄС вступив у дію стандарт з відеоспостереження EN 50132-7 за назвою «Alarm systems – CCTV surveillance systems for use in security applications» [2]. У цьому стандарті було вперше введено параметр – «просторова щільність пікселів». Він характеризує необхідну кількість пікселів, що має припадати на одиницю ширини об'єкта спостереження віддаленого від відеокамери на певну відстань, для вирішення конкретної оперативної задачі. Відповідно до цих даних, вирішення завдання ідентифікації обличчя людини потребує 250 пікселів на 1 метр лінії спостереження.

Людина зі стандартним зором здатна ідентифікувати знайому особу на обмеженій відстані, яка не перевищує 30...35 м. З огляду на це для дальніх дистанцій цю задачу ставити не доцільно, оскільки це досягається за рахунок об'єктивів з більшою фокусною відстанню.

Стандартний кут спостереження в 30° у 2/3" камери досягається 16 мм об'єктивом, 1/2" камери – 12 мм і 1/3" камери – 8 мм об'єктивом і зображення з них близькі за розмірами сцени до тих, що бачить людина.

Якщо відомо лінійне поле зору $H_{\text{м}}$ і кількість пікселів матриці $n_{\text{м}}$ за її шириною, то можна визначити кількість пікселів $n_{\text{ш}}$, що припадають на одиницю ширини цього поля зору як:

$$n_{\text{ш}} = \frac{n_{\text{м}}}{H_{\text{м}}} = \frac{n_{\text{м}}}{L \frac{h_{\text{м}}}{f}}, \quad (1)$$

де f – фокусна відстань об'єктива, мм; $h_{\text{м}}$ – ширина матриці відеокамери, мм; L – відстань до об'єкта спостереження, м.

Щоб визначити кількість пікселів за шириною матриці потрібно врахувати співвідношення її сторін. Для матриці формату 4:3 кількість пікселів за шириною визначається як:

$$n_{\text{ш}} = \sqrt{\frac{n_{\text{м}}}{0,75}}, \quad (2)$$

де $n_{\text{м}}$ – загальна кількість пікселів матриці, шт.

Звідси, просторову зміну роздільної здатності можна визначити за формулою:

$$n_{\text{ш}} = \frac{\sqrt{\frac{n_{\text{м}}}{0,75}}}{L \frac{h_{\text{м}}}{f}} \quad (3)$$

За результатами розрахунків отримано графічну залежність зміни просторової роздільної здатності (вісь y) від відстані до об'єкта спостереження (вісь x) стосовно фокусної відстані

об'єктива 12 мм при розмірі матриці 1/2" (рис. 1). Крок зміни роздільної здатності матриці приймали в 5 Мп, починаючи з цього значення, а відстань до потенційного об'єкта спостереження у межах від 5 до 100 м з кроком 5 м.

Аналіз графічної залежності показав, що застосування 25 Мп камери відповідає і навіть перекиває усі існуючі вимоги до вирішення різного типу оперативних задач та можливості людського зорового апарату.

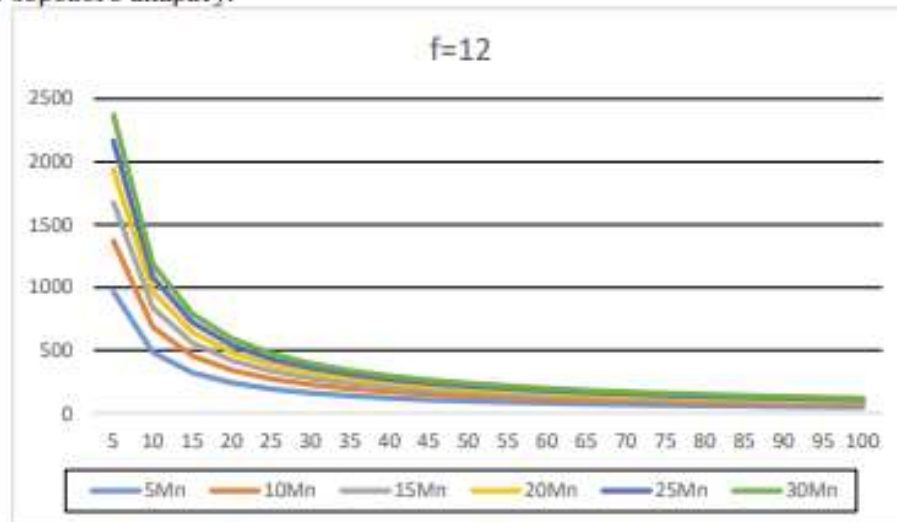


Рис. 1 – Зміна просторової роздільної здатності

З метою підтвердження достовірності отриманих розрахункових даних також проведено моделювання зміни просторової щільності пікселів у спеціалізованому програмному забезпеченні «IP Video System Design Tool 11.0» у діапазоні від 20 до 50 м.

Аналіз результатів (5 і 10 Мп), отриманих розрахунковим шляхом і моделювання, показав на розбіжність у значеннях на відповідній відстані від камери в межах від 5 пкс/м до 2 пкс/м. Це говорить про те, що загальна розбіжність отриманих даних не перевищує загалом 3 %.

Отримані розбіжності можна пояснити відкиданням дробових частин під час теоретичних розрахунків та неточністю позиціонування об'єкта спостереження у програмному середовищі (в межах 0,1...0,3 м) стосовно відеокамери.

Таким чином, у разі появи на ринку відеокамер з роздільною здатністю 25 Мп і масового їх застосування можна буде виключити з етапів проектування системи відеоспостереження перевірку відповідності просторової щільності пікселів вимогам виконання критеріїв оперативних задач.

Список посилань

1. Терлецький Т.В., Ткачук А.А., Кайдих О.Л., Цебрук В.Р. Критерії вирішення оперативних задач світових стандартів інформаційних систем CCTV / Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво, №41, 2020, С – 218-227. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://cit-journal.com.ua/index.php/cit/article/view/211>.
2. Идентификация, распознавание и детектирование людей по европейскому стандарту EN 50 132-7. / М. Шумейко // Журнал «Системы безопасности», 2015, №3. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://library.tsu.tula.ru/files/elect_periodical/system_security3.pdf.

2. Prerequisites for developing a human face identification algorithm in CCTV / Taras Terletskyi, Oleh Kaidyk, Yurii Derdiyk, Oleksandr Meus // Матеріали V-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції: Приладобудування та метрологія: сучасні проблеми, тенденції розвитку. м. Луцьк, 2022. – с. 81-82.



ТЕХНОЛОГІЯХ IoT.....	67
СЕРЕДЮК О.С., ЮРЧИШИН Р.М.	
ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ДЗВОНОВИХ ВИТРАТОВИМІРЮВАЛЬНИХ УСТАНОВОК.....	69
СМОЛЯНКІН О.О.	
ПРОГРАМУВАННЯ ВБУДОВАНИХ СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ NODE- RED.....	70
СОЛОДКА В.І., ТИМОШЕВСЬКИЙ О.В.	
ВЛАСТИВОСТІ СПЕКТРАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ У ЗАДАЧАХ ТРИВИМІРНИХ ЗОБРАЖЕНЬ.....	71
СТАСЮК І.Д., МАСНЯК О.Я., ВІНЯРСЬКИЙ Б.І.	
УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ СУШННЯ ЗЕРНА.....	73
СТАСЮК І.Д., ДІЛАЙ І.В., БРИЛИНСЬКИЙ Р.Б., ШЕВЧУК В.В.	
ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ МІКРОВИТРАТ ГАЗІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ГОДИННИКОВИХ КАМЕНІВ.....	76
СЕБКО К.В.	
ДОСЛІДЖЕННЯ ШЛЯХІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ СТАНУ ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ.....	78
ТЕРЛЕЦЬКИЙ Т.В., КАЙДИК О.Л., САВИЧ М.В.	
ОСНОВИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ ЯК ПЕРЕДУМОВА ДО ОПАНУВАННЯ CAD/CAM СИСТЕМ.....	80
TARAS TERLETSKYI, OLEN KAI DYK, YURI DERDIYK, OLEKSANDR MEUS	
PREREQUISITES FOR DEVELOPING A HUMAN FACE IDENTIFICATION ALGORITHM IN CCTV.....	81
ТЕРЛЕЦЬКИЙ Т.В., КАЙДИК О.Л., ФЕДУРУК Л.М.	
ОСНОВНІ РИСИ СУЧАСНИХ САПР ЕЛЕКТРОНІКИ.....	83
ЧАБАН В.Я, МАТІКО Ф.Д., КОСТИК І.В.	
РОЗРОБЛЕННЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ НА ОСНОВІ МІКРОПРОЦЕСОРНИХ КЕРУЮЧИХ ЗАСОБІВ.....	84
ФЕДІНЕЦЬ В.О., СЛІННИК М.Я.	
ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА КОНТРОЛЮ СТАНЦІЙНИХ ПРИСТРОЇВ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ ШЛЯХОМ ТЕПЛОВІЗІЙНОГО КОНТРОЛЮ.....	86

**PREREQUISITES FOR DEVELOPING
A HUMAN FACE IDENTIFICATION
ALGORITHM IN CCTV**

**Taras Terletskyi, Oleh Kaidyk,
Yurii Derdiyk, Oleksandr Meus**
Lutsk National Technical University

The effectiveness of closed-circuit television (CCTV) in solving the operational task of face identification depends on the capabilities of hardware and software components.

The effectiveness of the software component affects the level of image processing method, which is based on the corresponding algorithm for its processing, as close to human perception.

A man identifies objects by comparing them to existing information stored in his memory. When a new image of an object or subject appears, it is recorded by the visual apparatus and supplemented with the existing ones.

Human perception of the environment consists of several basic steps in the process of identifying other faces:

- distinguishing a face as such from a general background based on its physical characteristics;
- identification of facial features, which makes a person aware of whether or not they have seen a face before;
- a human recognises a person as belonging to a particular image embedded in their memory, and establishes who it is.

These features of perception were investigated by Alfred L. Yarbus, who established the independence of solving the question of the role of eye movements in visual perception from solving the question of the regulation of eye movements themselves and their determination.

Eye movements are an extremely complex picture of its activity and consist of several forms of movements: nystagmus, saccades, inversion nystagmus, and sinusoidal oscillations. During prolonged observation the whole image of any object or its fragments alternately fade, then reappear – image fragmentation occurs.

This is partly explained by the theory of neuronal ensembles, according to which individual neurons have a greater tendency to discharge more frequently in relation to movements in certain directions, which are commonly called «preferred directions of individual neurons».

Thus, according to the theory of neural ensembles, experience is necessary for the realization of perceptual ability: an image is perceived due to combinations of individual traces in the brain formed there by previously learned elements. This is consistent with other theories of perception, according to which the image is perceived as a whole, without synthesis from separate parts, due to the ability to perceive «form», «coherence» and «organization».

It follows from the above that at the initial stage of image perception, groups of structural elements or organized structures are identified, which confirms the reproduction of eye movements when looking at an image.

The same object is first detected, initially processed by the periphery with the transfer of the received information to the brain, and then it is examined in more detail.

The peculiarities of perception of low-contrast images by the human visual tract consist in the fact that in the process of recognition the brain acts as an active recognition system that carries out verification of the correctness of decisions.

The characteristic stages of recognition of the active system are: feature extraction, preliminary analysis, hypothesis making (supposition), hypothesis checking (supposition) – verification of images with the sample taken from the memory database. This principle of active recognition is laid down at the initial stage of the design of technical vision systems of low contrast objects, in particular in the recognition and identification of people.

When one looks at objects such as a mug, a clock, a chair or a car – one recognises them by comparing what one sees with the known characteristics inherent in the mental images of those objects.

Although all of these types of objects are the same and some modifications of them may differ from the prototype mental image, each of them has characteristic features. Yes, each mug has a set of key characteristics peculiar only to it – shape, size, colour, etc.; a classic watch – shape, size, hour hands, dial, etc., which help a person to recognize it. The image of the object is then classified by the human brain and stored in memory under a certain category.

Thus, increasing the number of varieties of objects of a certain category memorized by the brain will simplify the recognition of the new object image.

If at the stage of classifying objects the recognition process may come to an end, at the stage of identifying faces it is only the beginning. For example, if a suitcase is enough to be recognized as a suitcase and a watch as a watch, a human face is not enough to be recognized as a human face – a deeper analysis is needed.

Almost instantly, the human brain recognises the sex of a person, their approximate age and their belonging to a particular race. The person is also able to determine almost immediately if the person is familiar.

If the person is familiar, the brain begins to retrieve information about that person from the memory database. Face identification algorithms are built in a similar way.

The result of the face identification algorithms is a match or mismatch with the available face database, and the operation of the information system for recognizing and identifying people in reality is a complex of interacting hardware and software.